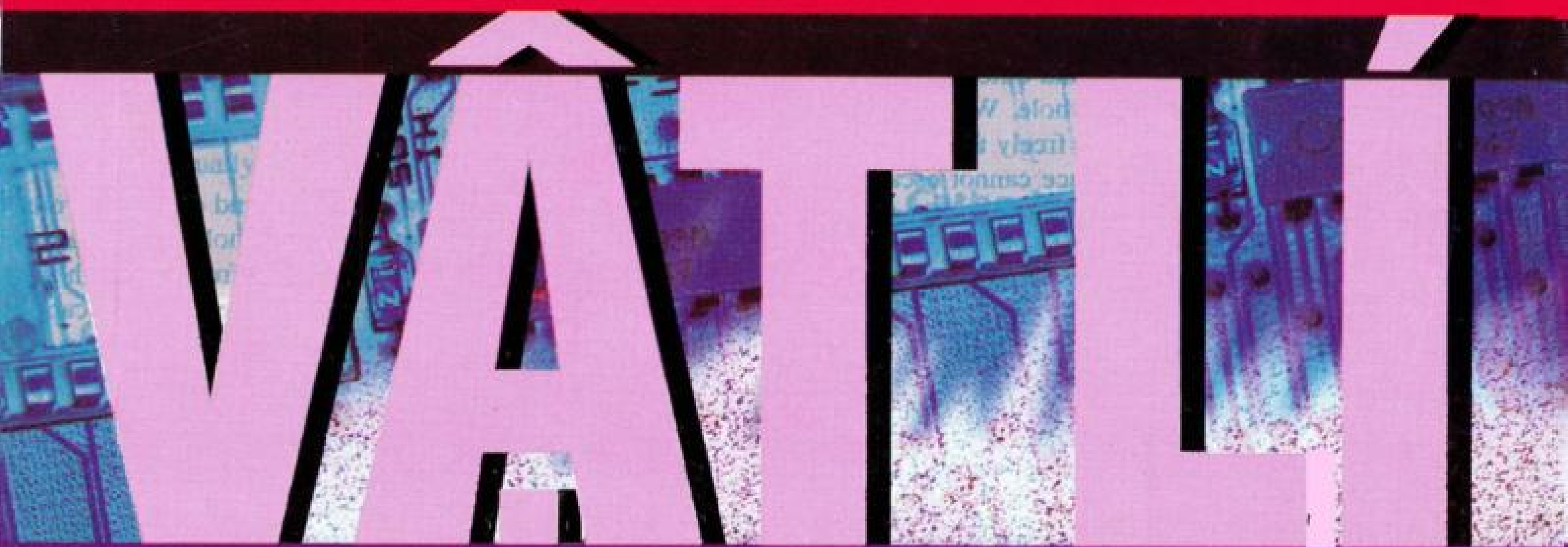
BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO



VẬT LÍ

11



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

CẤU TRÚC CÁC TRANG SÁCH GIÁO KHOA

1. Phần nội dung bài học gồm các trang in thành hai cột : một cột là nội dung chính của bài học, cột còn lại chữ nhỏ, trình bày các hình vẽ, tranh, ảnh, biểu bảng, đồ thị, các nội dung thứ yếu, các câu hỏi (kí hiệu **C**) để giáo viên và học sinh cùng tham gia xây dựng bài học. Tuy nhiên, với các hình, đồ thị,... có kích thước lớn thì in tràn trang.

2. Sau phần nội dung bài học là phần tóm tắt bài học, được in đậm. Cuối mỗi bài học là phần câu hỏi (kí hiệu) và bài tập (kí hiệu ▼) để học sinh làm ở nhà. Phần đáp án và đáp số bài tập được in ở cuối cuốn sách.

3. Sau một số bài học có những bài đọc thêm ghi là "Em có biết ?"

Chịu trách nhiệm xuất bản : Chủ tịch Hội đồng Thành viên kiêm Tổng Giám đốc **NGÔ TRẦN ÁI**
Tổng biên tập kiêm Phó Tổng Giám đốc **NGUYỄN QUÝ THAO**

Biên tập lần đầu : **NGUYỄN TIẾN BÍNH - PHẠM THỊ NGỌC THẮNG**

Biên tập tái bản : **ĐINH THỊ THÁI QUỲNH**

Biên tập kĩ thuật : **TẠ THANH TÙNG**

Trình bày bìa và minh hoạ : **TẠ THANH TÙNG**

Sửa bản in : **ĐINH THỊ THÁI QUỲNH**

Chế bản : **CÔNG TY CỔ PHẦN MĨ THUẬT VÀ TRUYỀN THÔNG**

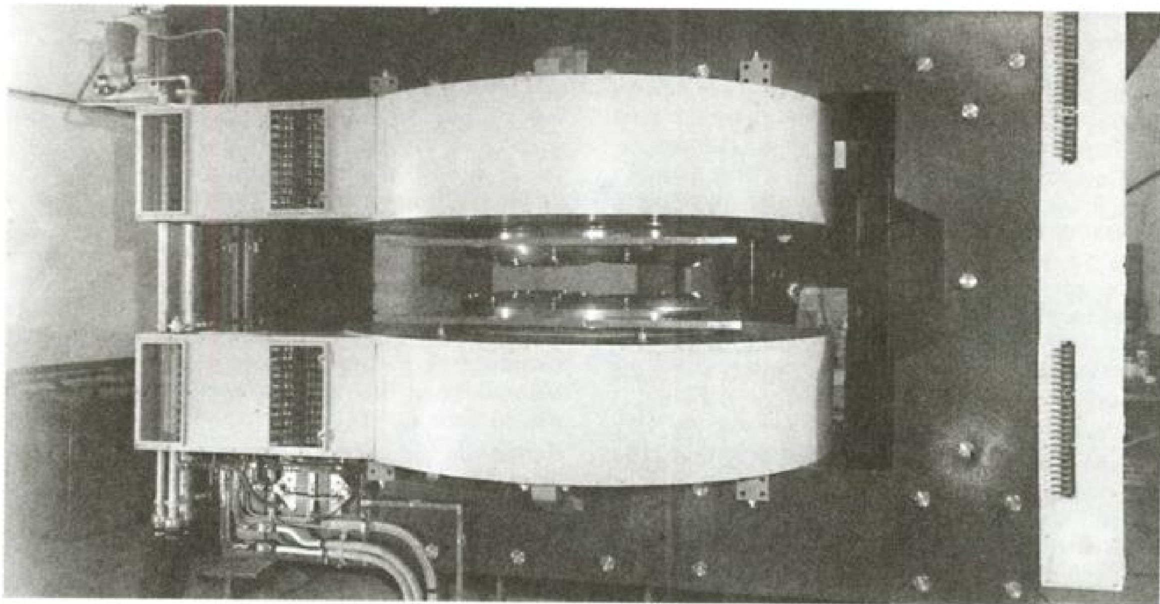
VẬT LÍ 11

Mã số : CH105T2

In 30.000 cuốn, (QĐ07GK), khổ 17 x 24cm.
In tại Công ty TNHH MTV In & Văn hóa phẩm. Số in: 278/3.
Số đăng kí KHXB: 01-2012/CXB/664-1095/GD.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 1 năm 2012.

PHẦN MỘT

ĐIỆN HỌC
ĐIỆN TỪ HỌC



Nam châm điện của một xiclôtron

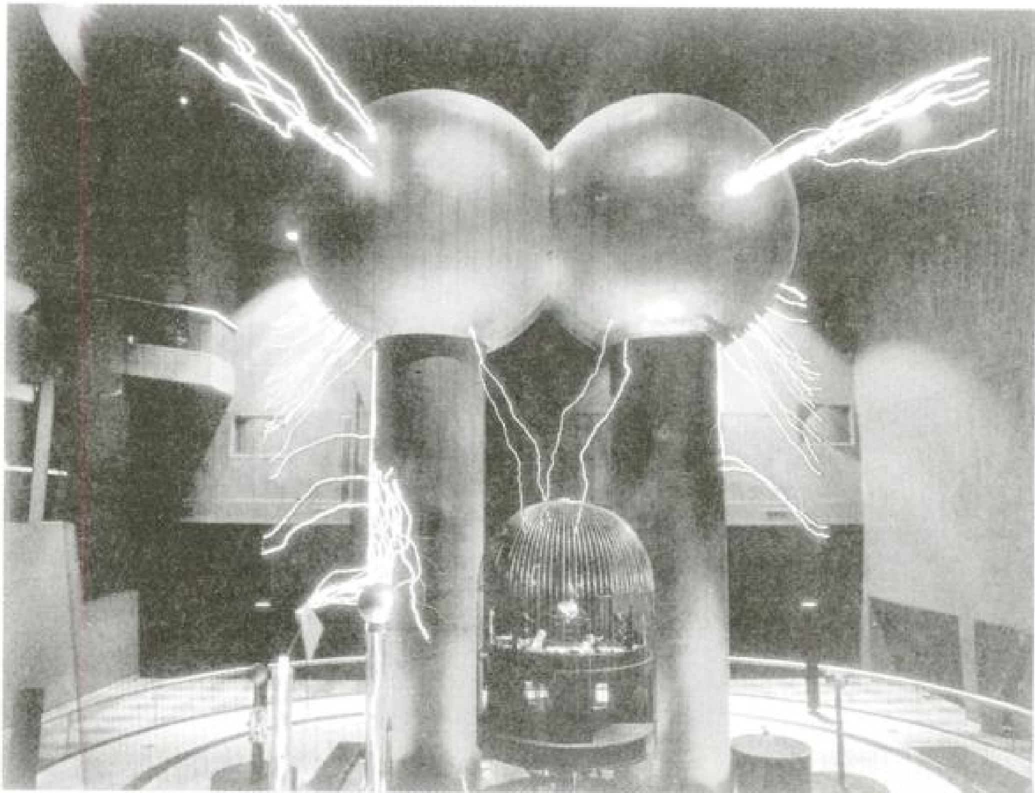
Những kiến thức về Điện học và Điện từ học là cơ sở của nhiều ứng dụng quan trọng trong đời sống và trong các ngành kĩ thuật hiện đại.

ĐIỆN HỌC. ĐIỆN TỪ HỌC

- Điện tích. Điện trường
- Dòng điện không đổi
- Dòng điện trong các môi trường
- Từ trường
- Cảm ứng điện từ

CHƯƠNG I

Điện tích. Điện trường



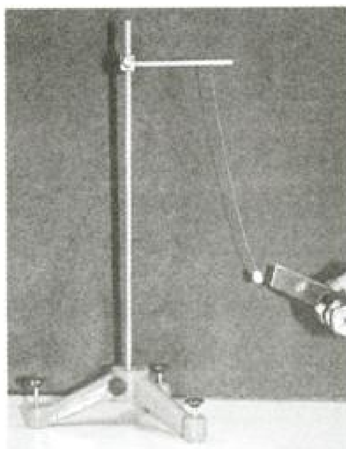
Máy phát tĩnh điện Van Đơ Gráp (Van der graaf)

Trong chương này, ta đề cập đến những đặc trưng quan trọng nhất của điện tích và điện trường. Đó là những vấn đề sau :

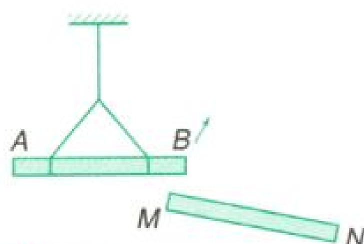
- Điện tích. Điện trường
- Định luật Cu-lông. Thuyết êlectron
- Cường độ điện trường. Đường sức điện
- Điện thế. Hiệu điện thế
- Tụ điện. Điện dung của tụ điện

1 ĐIỆN TÍCH ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG

Ở Trung học cơ sở (THCS), ta đã biết các vật mang điện hoặc hút nhau, hoặc đẩy nhau. Lực tương tác đó phụ thuộc vào những yếu tố nào và tuân theo quy luật nào ?



Hình 1.1
Sau khi cọ xát vào dạ, chiếc thước nhựa hút được mẩu xốp.



Hình 1.2

C1 Trên Hình 1.2, *AB* và *MN* là hai thanh đã được nhiễm điện. Mũi tên chỉ chiều quay của đầu *B* khi đưa đầu *M* đến gần. Hỏi đầu *B* và đầu *M* nhiễm điện cùng dấu hay trái dấu ?

I - SỰ NHIỄM ĐIỆN CỦA CÁC VẬT. ĐIỆN TÍCH. TƯƠNG TÁC ĐIỆN

1. Sự nhiễm điện của các vật

Ta đã biết, khi cọ xát những vật như thanh thuỷ tinh, thanh nhựa, mảnh pôliêtilen,... vào dạ hoặc lụa,... thì những vật đó sẽ có thể hút được những vật nhẹ như mẩu giấy, sợi bông,... Ta nói rằng *những vật đó đã bị nhiễm điện.*

Ngày nay, người ta vẫn dựa vào hiện tượng hút các vật nhẹ để kiểm tra xem một vật có nhiễm điện hay không.

2. Điện tích. Điện tích điểm

Vật bị nhiễm điện còn gọi là vật mang điện, vật tích điện hay là một điện tích. Điện là một thuộc tính của vật và điện tích là số đo độ lớn của thuộc tính đó. Tương tự như khối lượng là số đo mức quán tính của một vật.

Điện tích điểm là một vật tích điện có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách tới điểm mà ta xét.

3. Tương tác điện. Hai loại điện tích

Ở THCS, ta đã làm nhiều thí nghiệm để thấy các điện tích hoặc đẩy nhau, hoặc hút nhau (Hình 1.2). Sự đẩy hay hút nhau giữa các điện tích đó là *sự tương tác điện.* **C1**

Người ta thừa nhận rằng chỉ có hai loại điện tích là điện tích dương (kí hiệu bằng dấu +) và điện tích âm (kí hiệu bằng dấu –).

Các điện tích cùng loại (dấu) thì đẩy nhau.

Các điện tích khác loại (dấu) thì hút nhau.

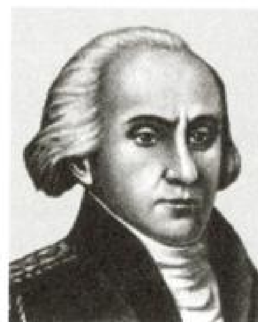
Chú ý : Khái niệm điện tích âm, điện tích dương trong Vật lí học khác với khái niệm số âm, số dương trong Toán học. Chẳng hạn, số âm luôn luôn nhỏ hơn số dương, nhưng ngược lại không thể nói điện tích âm luôn luôn nhỏ hơn điện tích dương được.

II - ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG. HẰNG SỐ ĐIỆN MÔI

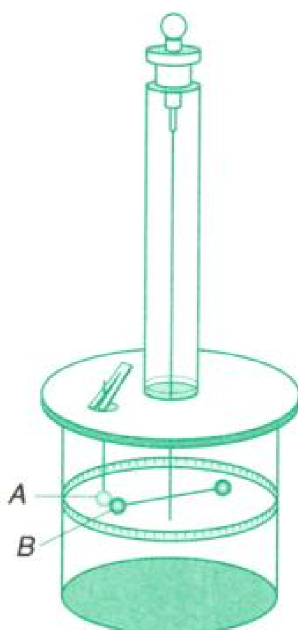
1. Định luật Cu-lông

Năm 1785, Cu-lông, nhà bác học người Pháp, lần đầu tiên thiết lập được định luật về sự phụ thuộc của lực tương tác giữa các điện tích điểm (gọi tắt là *lực điện* hay *lực Cu-lông*) vào khoảng cách giữa chúng.

Ông dùng một chiếc cân xoắn để đo lực đẩy giữa hai quả cầu nhỏ tích điện cùng dấu (Hình 1.3). Hai quả cầu nhỏ này được coi là những điện tích điểm.



Sác-lơ Cu-lông (Charles Coulomb, 1736 – 1806), nhà bác học người Pháp có nhiều công trình nghiên cứu về tĩnh điện và từ.



Hình 1.3
Cân xoắn Cu-lông

Cân xoắn Cu-lông

A là quả cầu kim loại cố định gắn ở đầu một thanh thẳng đứng.

B là quả cầu kim loại linh động gắn ở đầu một thanh nằm ngang. Đầu kia của thanh có một quả đối trọng.

A và *B* được tích điện cùng dấu. Thanh nằm ngang được treo bằng một sợi dây mảnh có tính đàn hồi chống lại sự xoắn.

Khi hai quả cầu đẩy nhau, thanh ngang sẽ quay cho đến khi tác dụng của lực đẩy tĩnh điện cân bằng với tác dụng của lực đàn hồi của dây treo. Biết góc quay và chiều dài của thanh ngang, ta sẽ tính được lực đẩy tĩnh điện giữa hai quả cầu *A* và *B*.

C2 Nếu tăng khoảng cách giữa hai quả cầu lên ba lần thì lực tương tác giữa chúng tăng hay giảm bao nhiêu lần ?

Kết quả, ông thấy lực này tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai quả cầu. **C2**

Mặt khác, có thể chứng minh bằng thực nghiệm là : lực tương tác giữa hai điện tích tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích đó.



Hình 1.4

Để nghiên cứu sự phụ thuộc của lực tương tác giữa hai quả cầu *A* và *B* trong cân xoắn Cu-lông (Hình 1.3) vào độ lớn của điện tích, ta có thể giữ nguyên điện tích của quả cầu *B* và cho quả cầu *A* tiếp xúc với một quả cầu kim loại *C*, giống hệt nó nhưng trung hoà về điện. Vì lí do đối xứng, điện tích của quả cầu *A* sẽ bị chia làm đôi. Cứ như vậy, ta có thể tiếp tục làm cho điện tích của quả cầu *A* bằng $\frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, ...$ điện tích ban đầu. Ta sẽ thấy độ lớn của lực tác dụng giữa hai quả cầu *A* và *B* bằng $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, ...$ độ lớn của lực ban đầu. Như vậy, lực điện tỉ lệ với điện tích của quả cầu *A*. Tương tự, lực điện cũng tỉ lệ với điện tích của quả cầu *B*. Do đó, lực điện tỉ lệ với tích của hai điện tích.

Phối hợp các kết quả trên, ta có *định luật Cu-lông* được phát biểu như sau :

Lực hút hay đẩy giữa hai điện tích điểm đặt trong chân không có phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích điểm đó, có độ lớn tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng (Hình 1.4).

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{r^2} \qquad (1.1)$$

trong đó, *k* là hệ số tỉ lệ, phụ thuộc vào hệ đơn vị mà ta dùng. Trong hệ đơn vị SI, *k* có giá trị :

$$k = 9.10^9\ \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \qquad (1.2)$$

Việc nghiên cứu lực tương tác giữa các điện tích đã cho phép ta đo được các điện tích, tức là so sánh độ lớn của điện tích cần đo với điện tích đơn vị. Muốn thế, ta chỉ cần so sánh lực tương tác của hai điện tích này với một điện tích thứ ba đặt cách chúng những khoảng bằng nhau, trong cùng một môi trường.

Trong công thức (1.1), *F* được đo bằng đơn vị niutơn (N) ; *r* được đo bằng đơn vị mét (m) ; còn q_1 và q_2 được đo bằng đơn vị culông (kí hiệu là C).

2. Lực tương tác giữa các điện tích điểm đặt trong điện môi đồng tính. Hằng số điện môi

a) Điện môi là môi trường cách điện.

b) Thí nghiệm chứng tỏ rằng, khi đặt các điện tích điểm trong một điện môi đồng tính (chẳng hạn trong một chất dầu cách điện) thì lực tương tác giữa chúng sẽ yếu đi ε lần so với khi đặt chúng trong chân không. ε được gọi là *hằng số điện môi* của môi trường ($\varepsilon \geq 1$). Công thức của định luật Cu-lông trong trường hợp này là :

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{\varepsilon r^2} \quad (1.3)$$

Đối với chân không thì $\varepsilon = 1$.

c) Hằng số điện môi là một đặc trưng quan trọng cho tính chất điện của một chất cách điện. Nó cho biết, *khi đặt các điện tích trong chất đó thì lực tác dụng giữa chúng sẽ nhỏ đi bao nhiêu lần so với khi đặt chúng trong chân không.* C3

Bảng 1.1

Hằng số điện môi của một số chất

Chất	ε
Không khí (ở điều kiện chuẩn)	1,000594 (coi như bằng1)
Dầu hoả	2,1
Nước nguyên chất	81
Parafin	2
Giấy	2
Mica	5,7 ÷ 7
Êbônit	2,7
Thuỷ tinh	5 ÷ 10
Thạch anh	4,5

C3 Không thể nói về hằng số điện môi của chất nào dưới đây ?

A. Không khí khô.
B. Nước tinh khiết.
C. Thuỷ tinh.
D. Đồng.

- **Các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau.**
- **Lực hút hay đẩy giữa hai điện tích điểm đặt trong chân không có phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích điểm đó, có độ lớn tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.**

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{r^2}\ ;\ k = 9.10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$$

- **Đơn vị điện tích là culông (C).**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Điện tích điểm là gì ?
2. Phát biểu định luật Cu-lông.
3. Lực tương tác giữa các điện tích khi đặt trong một điện môi sẽ lớn hay nhỏ hơn khi đặt trong chân không ?

4. Hằng số điện môi của một chất cho ta biết điều gì ?

5. Chọn câu đúng.

Khi tăng đồng thời độ lớn của hai điện tích điểm và khoảng cách giữa chúng lên gấp đôi thì lực tương tác giữa chúng

A. tăng lên gấp đôi.

B. giảm đi một nửa.

C. giảm đi bốn lần.

D. không thay đổi.

6. Trong trường hợp nào sau đây, ta có thể coi các vật nhiễm điện là các điện tích điểm ?

A. Hai thanh nhựa đặt gần nhau.

B. Một thanh nhựa và một quả cầu đặt gần nhau.

C. Hai quả cầu nhỏ đặt xa nhau.

D. Hai quả cầu lớn đặt gần nhau.

7. Nêu những điểm giống nhau và khác nhau giữa định luật Cu-lông và định luật vạn vật hấp dẫn.

8. Hai quả cầu nhỏ mang hai điện tích có độ lớn bằng nhau, đặt cách nhau 10 cm trong chân không thì tác dụng lên nhau một lực là 9.10^{-3} N. Xác định điện tích của hai quả cầu đó.

Em có biết ?

SƠN TĨNH ĐIỆN

Trong công nghệ sơn phun, người ta dùng một súng có khí nén để phun những hạt sơn nhỏ li ti đến bám vào vật cần sơn. Động tác này giống như việc phun nước hoa hay phun thuốc muỗi... Một phần những hạt sơn đến bám vào vật cần sơn. Một phần khá lớn bay vào không khí vừa gây lãng phí, vừa gây ô nhiễm. Để khắc phục nhược điểm này, người ta đã cải tiến công nghệ sơn phun thành công nghệ sơn tĩnh điện. Trong công nghệ này, mũi của súng phun làm bằng kim loại và được nối với cực dương của một máy phát tĩnh điện. Cực âm của máy được nối với vật cần sơn. Các hạt sơn bay ra khỏi súng phun sẽ được nhiễm điện dương và bị hút về phía vật cần sơn. So với lớp sơn phun thì lớp sơn tĩnh điện sẽ bám chắc hơn vì có thêm lực điện hút các hạt sơn vào vật cần sơn. Trong công nghệ này, vật cần sơn phải bằng kim loại.

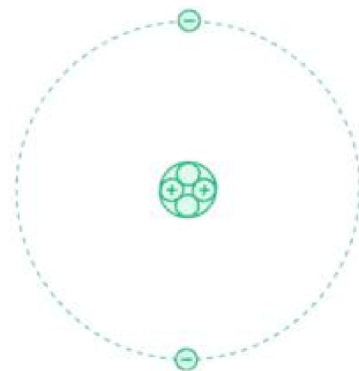
2 THUYẾT ÊLECTRON ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐIỆN TÍCH

Dựa trên cơ sở nào để giải thích các hiện tượng nhiễm điện ?

I - THUYẾT ÊLECTRON

1. Cấu tạo nguyên tử về phương diện điện. Điện tích nguyên tố

a) Nguyên tử có cấu tạo gồm một hạt nhân mang điện dương nằm ở trung tâm và các êlectron mang điện âm chuyển động xung quanh. Hạt nhân có cấu tạo gồm hai loại hạt là nơtron không mang điện và prôtôn mang điện dương (Hình 2.1).



Hình 2.1
Mô hình nguyên tử heli

Êlectron có điện tích là $-1,6.10^{-19}$ C và khối lượng là $9,1.10^{-31}$ kg. Prôtôn có điện tích là $+1,6.10^{-19}$ C và khối lượng là $1,67.10^{-27}$ kg. Khối lượng của nơtron xấp xỉ bằng khối lượng của prôtôn.

Số prôtôn trong hạt nhân bằng số êlectron quay xung quanh hạt nhân nên độ lớn của điện tích dương của hạt nhân bằng độ lớn của điện tích âm của các êlectron và nguyên tử ở trạng thái trung hoà về điện.

Ta hiểu sự trung hoà về điện của nguyên tử như sau : Vì tổng điện tích của các êlectron có độ lớn bằng điện tích của hạt nhân và khoảng cách giữa các êlectron và hạt nhân rất nhỏ so với khoảng cách từ nguyên tử này đến nguyên tử khác nên lực điện mà hệ điện tích này tác dụng lên các điện tích khác coi như bằng không.

b) Trong các hiện tượng điện mà ta xét ở chương trình Vật lí Trung học phổ thông (THPT) thì điện tích của êlectron và điện tích của prôtôn là điện tích nhỏ nhất mà ta có thể có được. Vì vậy, ta gọi chúng là những *điện tích nguyên tố* (âm hoặc dương).

2. Thuyết êlectron

Sự cư trú và di chuyển của các êlectron tạo nên các hiện tượng điện và tính chất điện muôn màu muôn vẻ của tự nhiên.

Thuyết dựa vào sự cư trú và di chuyển của các êlectron để giải thích các hiện tượng điện và các tính chất điện của các vật gọi là thuyết êlectron. **C1**

C1 Hãy vận dụng thuyết êlectron để giải thích hiện tượng nhiễm điện của thanh thuỷ tinh khi cọ xát vào dạ. Cho rằng, trong hiện tượng này, thuỷ tinh bị nhiễm điện dương và chỉ có các êlectron có thể di chuyển từ vật nọ sang vật kia.

Nội dung của thuyết êlectron về việc giải thích sự nhiễm điện của các vật như sau :

a) Êlectron có thể rời khỏi nguyên tử để di chuyển từ nơi này đến nơi khác. Nguyên tử bị mất êlectron sẽ trở thành một hạt mang điện dương gọi là *ion dương*. Ví dụ : Nguyên tử natri bị mất một êlectron sẽ trở thành ion Na^{+}.

b) Một nguyên tử trung hoà có thể nhận thêm êlectron để trở thành một hạt mang điện âm và được gọi là *ion âm*. Ví dụ : Nguyên tử clo nhận thêm một êlectron sẽ trở thành ion Cl^{-}.

c) Một vật nhiễm điện âm khi số êlectron mà nó chứa lớn hơn số điện tích nguyên tố dương (prôtôn). Nếu số êlectron ít hơn số prôtôn thì vật nhiễm điện dương.

II - VẬN DỤNG

1. Vật (chất) dẫn điện và vật (chất) cách điện

Vật (chất) dẫn điện là vật (chất) có chứa nhiều điện tích tự do. Điện tích tự do là điện tích có thể di chuyển từ điểm này đến điểm khác trong phạm vi thể tích của vật dẫn.

Kim loại có chứa nhiều êlectron tự do ; các dung dịch axit, bazơ và muối có chứa nhiều ion tự do. Chúng đều là các chất dẫn điện.

Vật (chất) cách điện là vật (chất) không chứa hoặc chứa rất ít điện tích tự do. Không khí khô, dầu, thuỷ tinh, sứ, cao su, một số nhựa,... là các chất cách điện. **C2** ; **C3**

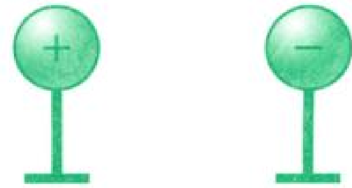
C2 Hãy nêu một định nghĩa khác về vật dẫn điện và vật cách điện.

C3 Chân không dẫn điện hay cách điện ? Tại sao ?

2. Sự nhiễm điện do tiếp xúc

Nếu cho một vật chưa nhiễm điện tiếp xúc với một vật nhiễm điện thì nó sẽ bị nhiễm điện cùng dấu với vật đó. Đó là *sự nhiễm điện do tiếp xúc.*

Nếu cho hai quả cầu kim loại đã tích điện tiếp xúc với nhau và đo chính xác các điện tích, ta sẽ thấy tổng điện tích của hai quả cầu sau khi tiếp xúc bằng tổng đại số điện tích của hai quả cầu trước khi tiếp xúc (Hình 2.2). Như vậy, việc gán dấu cho hai loại điện tích tuy là hình thức, nhưng nó đã giúp ta tính toán được các điện tích theo phương pháp đại số. **C4**



Hình 2.2

C4 Hãy giải thích sự nhiễm điện của một quả cầu kim loại khi cho nó tiếp xúc với một vật nhiễm điện dương.

3. Sự nhiễm điện do hưởng ứng

Đưa một quả cầu *A* nhiễm điện dương lại gần đầu *M* của một thanh kim loại *MN* trung hoà về điện (Hình 2.3). Ta thấy đầu *M* nhiễm điện âm, còn đầu *N* nhiễm điện dương. Sự nhiễm điện của thanh kim loại *MN* là *sự nhiễm điện do hưởng ứng* (hay hiện tượng cảm ứng tĩnh điện).



Hình 2.3

Nếu đưa quả cầu *A* ra xa, thanh kim loại *MN* lại trở lại trạng thái trung hoà về điện. Điều đó chứng tỏ độ lớn của các điện tích âm và dương ở các đầu *M* và *N* là bằng nhau. **C5**

C5 Hãy vận dụng thuyết êlectron để giải thích hiện tượng nhiễm điện do hưởng ứng. Biết rằng trong kim loại có êlectron tự do.

Hiện tượng tương tự cũng xảy ra khi quả cầu *A* nhiễm điện âm.

III - ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐIỆN TÍCH

Trong một hệ vật cô lập về điện, tổng đại số của các điện tích là không đổi.

Hệ vật cô lập về điện là hệ vật không có trao đổi điện tích với các vật khác ngoài hệ.

- **Thuyết êlectron là thuyết dựa vào sự cư trú và di chuyển của các êlectron để giải thích các hiện tượng điện và các tính chất điện của các vật.**
- **Điện tích của êlectron là điện tích nguyên tố âm ($-e = -1,6.10^{-19}$ C). Điện tích của prôtôn là điện tích nguyên tố dương ($+e = 1,6.10^{-19}$ C).**
- **Có thể giải thích các hiện tượng nhiễm điện do cọ xát, do tiếp xúc và do hưởng ứng... bằng thuyết êlectron.**
- **Định luật bảo toàn điện tích : Tổng đại số của các điện tích của một hệ vật cô lập về điện là không thay đổi.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Trình bày nội dung của thuyết êlectron.
2. Giải thích hiện tượng nhiễm điện âm của một quả cầu kim loại do tiếp xúc bằng thuyết êlectron.
3. Trình bày hiện tượng nhiễm điện do hưởng ứng và giải thích hiện tượng đó bằng thuyết êlectron.
4. Phát biểu định luật bảo toàn điện tích và vận dụng để giải thích hiện tượng xảy ra khi cho một quả cầu tích điện dương tiếp xúc với một quả cầu tích điện âm.

5. Chọn câu đúng.

   Đưa quả cầu tích điện *Q* lại gần quả cầu *M* nhỏ, nhẹ, bằng bấc, treo ở đầu một sợi chỉ thẳng đứng. Quả cầu bấc *M* bị hút dính vào quả cầu Q. Sau đó thì

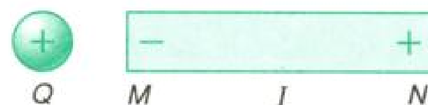
   A. *M* tiếp tục bị hút dính vào *Q*.

   B. *M* rời Q và vẫn bị hút lệch về phía *Q*.

   C. *M* rời Q về vị trí thẳng đứng.

   D. *M* bị đẩy lệch về phía bên kia.

6. Đưa một quả cầu *Q* tích điện dương lại gần đầu *M* của một khối trụ kim loại *MN* (Hình 2.4).



Hình 2.4

   Tại *M* và *N* sẽ xuất hiện các điện tích trái dấu. Hiện tượng gì sẽ xảy ra nếu chạm tay vào điểm *I*, trung điểm của *MN* ?

   A. Điện tích ở *M* và *N* không thay đổi.

   B. Điện tích ở *M* và *N* mất hết.

   C. Điện tích ở *M* còn, ở *N* mất.

   D. Điện tích ở *M* mất, ở *N* còn.

7. Hãy giải thích hiện tượng bụi bám chặt vào các cánh quạt trần, mặc dù cánh quạt thường xuyên quay rất nhanh.

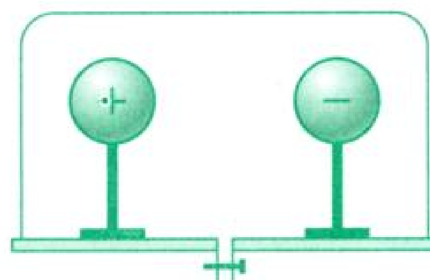
3 ĐIỆN TRƯỜNG VÀ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG. ĐƯỜNG SỨC ĐIỆN

Tại sao hai điện tích ở cách xa nhau trong chân không lại tác dụng được lực lên nhau ?

I - ĐIỆN TRƯỜNG

1. Môi trường truyền tương tác điện

Giả sử ta đặt hai quả cầu tích điện trái dấu trong một bình kín rồi hút hết không khí ra (Hình 3.1). Theo như bài 1, lực hút giữa hai quả cầu không những không yếu đi mà lại mạnh lên. Như vậy, phải có một môi trường nào đó truyền tương tác điện giữa hai quả cầu. Môi trường đó là *điện trường*. Bơm chân không chỉ có thể hút được các phân tử không khí ra khỏi bình mà không hút được điện trường.

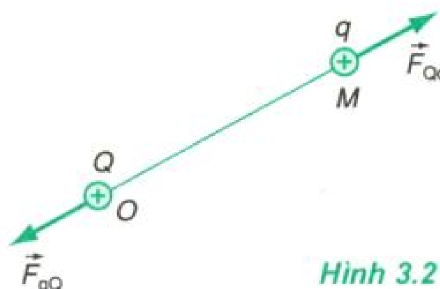


Hình 3.1

2. Điện trường

Điện trường là một dạng vật chất (môi trường) bao quanh điện tích và gắn liền với điện tích. Điện trường tác dụng lực điện lên các điện tích khác đặt trong nó.

Một điện tích Q nằm tại một điểm trong không gian sẽ gây ra xung quanh nó một điện trường. Một điện tích q nằm trong điện trường đó sẽ bị Q tác dụng một lực điện. Ngược lại, q cũng gây ra một điện trường tác dụng lên Q một lực trực đối (Hình 3.2).



Hình 3.2

II - CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

1. Khái niệm cường độ điện trường

Giả sử có một điện tích điểm Q nằm tại điểm O. Điện tích này tạo ra một điện trường xung quanh nó. Để nghiên cứu điện trường của Q tại điểm M, ta đặt tại đó một điện tích điểm q, gọi là *điện tích thử*, và xét lực điện tác dụng lên q (Hình 3.2). Theo định luật Cu-lông, q càng nằm xa Q thì lực điện càng nhỏ. Ta nói điện trường tại các điểm càng xa Q càng yếu. Rõ ràng là cần phải xây dựng một khái niệm đặc trưng cho sự mạnh, yếu của điện trường tại một điểm. Khái niệm đó là *cường độ điện trường*.

2. Định nghĩa

Ta có thể lấy độ lớn của lực điện tác dụng lên điện tích thử $q = +1$ C để đặc trưng cho cường độ điện trường tại điểm mà ta xét. Tuy nhiên, theo công thức (1.1), độ lớn F của lực điện tỉ lệ thuận với q, nên thương số $\frac{F}{q}$ chính là độ lớn của lực điện tác dụng lên điện tích 1 C. Do đó, ta sẽ lấy thương số này làm số đo của cường độ điện trường. Ta có định nghĩa sau :

Nếu điện trường do nhiều điện tích điểm gây ra thì định nghĩa này vẫn đúng. Thực vậy, lực điện do mỗi điện tích điểm tác dụng lên điện tích thử q có độ lớn tỉ lệ thuận với q. Do đó, độ lớn của tổng hợp các lực điện cũng vẫn tỉ lệ với q, dù đó là tổng vectơ. Vì vậy, trong trường hợp điện trường phức tạp thì thương số $\frac{F}{q}$ vẫn là độ lớn của lực điện tác dụng lên điện tích 1 C và vẫn có thể lấy làm số đo cường độ điện trường.

Cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng đặc trưng cho tác dụng lực của điện trường tại điểm đó. Nó được xác định bằng thương số của độ lớn lực điện F tác dụng lên một điện tích thử q (dương) đặt tại điểm đó và độ lớn của q.

$$\boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{q}} \quad (3.1)$$

trong đó E là cường độ điện trường tại điểm mà ta xét.

3. Vectơ cường độ điện trường

Vì lực F là đại lượng vectơ, còn điện tích q là đại lượng vô hướng, nên cường độ điện trường E cũng là đại lượng vectơ.

Cường độ điện trường được biểu diễn bằng một vectơ gọi là *vectơ cường độ điện trường.*

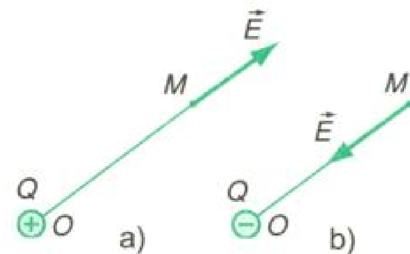
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (3.2)$$

Vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ có :

– phương và chiều trùng với phương và chiều của lực điện tác dụng lên điện tích thử q dương ;

– chiều dài (môđun) biểu diễn độ lớn của cường độ điện trường theo một tỉ xích nào đó. **C1**

C1 Hãy chứng minh vectơ cường độ điện trường tại điểm M của một điện tích điểm Q có phương và chiều như trên Hình 3.3.



Hình 3.3

4. Đơn vị đo cường độ điện trường

Nếu trong công thức (3.1), độ lớn của lực F được đo bằng đơn vị niutơn, độ lớn của điện tích q được đo bằng đơn vị culông thì độ lớn của cường độ điện trường E phải được đo bằng đơn vị niutơn trên culông (N/C). Tuy nhiên, người ta dùng đơn vị đo cường độ điện trường là vôn trên mét (kí hiệu là V/m), (xem mục 4, phần II, bài 5).

5. Cường độ điện trường của một điện tích điểm

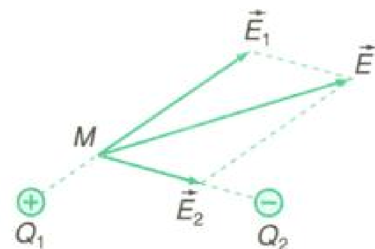
Từ các công thức (1.1) và (3.1), ta suy ra công thức tính cường độ điện trường của một điện tích điểm Q trong chân không :

$$E = \frac{F}{q} = k\frac{|Q|}{r^2} \quad (3.3)$$

Công thức này cho thấy : Độ lớn của cường độ điện trường E không phụ thuộc vào độ lớn của điện tích thử q.

6. Nguyên lí chồng chất điện trường

Giả sử có hai điện tích điểm Q_1 và Q_2 gây ra tại điểm M hai điện trường có các vectơ cường độ điện trường $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_2$ (Hình 3.4).



Hình 3.4

Nếu đặt một điện tích thử q tại M thì nó sẽ chịu tác dụng của lực điện như thế nào ?

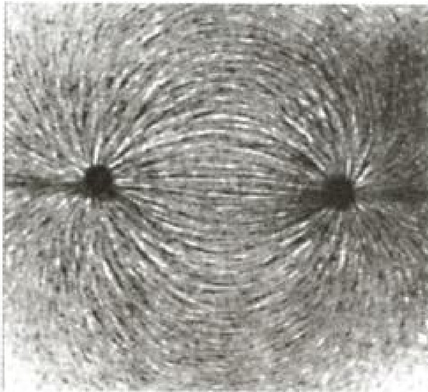
Nguyên lí chồng chất điện trường được phát biểu như sau : *Các điện trường $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$ đồng thời tác dụng lực điện lên điện tích q một cách độc lập với nhau và điện tích q chịu tác dụng của điện trường tổng hợp $\vec{E}$:*

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (3.4)$$

Các vectơ cường độ điện trường tại một điểm được tổng hợp theo quy tắc hình bình hành.

III - ĐƯỜNG SỨC ĐIỆN

1. Hình ảnh các đường sức điện



Hình 3.5

Đặt hai quả cầu kim loại trong một bể nhỏ hình hộp chữ nhật, có thành bằng thuỷ tinh trong suốt, trong đựng dầu cách điện. Cho một ít các hạt cách điện (như mạt cưa chẳng hạn) nằm lơ lửng trong dầu. Khuấy đều các hạt cách điện rồi tích điện trái dấu cho hai quả cầu. Ta sẽ thấy các hạt cách điện nằm dọc theo những đường nối hai quả cầu (Hình 3.5). Có thể chụp ảnh các đường này một cách dễ dàng.

Người ta đã chứng minh được rằng, các hạt nhỏ đó đã bị nhiễm điện và nằm dọc theo những đường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm trùng với phương của vectơ cường độ điện trường tại đó. Mỗi đường đó được gọi là một *đường sức điện*.

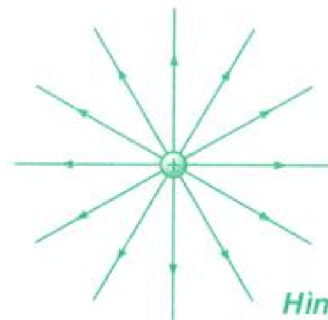
2. Định nghĩa

Đường sức điện là đường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó là giá của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó. Nói cách khác, đường sức điện là đường mà lực điện tác dụng dọc theo đó.

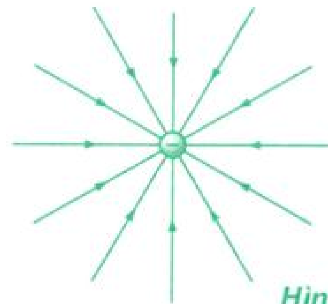
3. Hình dạng đường sức của một số điện trường

a) Ta chỉ có thể vẽ ngay được những đường sức điện trong những trường hợp đơn giản. Ví dụ : Đường sức điện trong điện trường của một điện tích điểm (Hình 3.6 và 3.7).

b) Trong những trường hợp khác thì phải dùng phương pháp chụp ảnh và vẽ theo ảnh chụp (Hình 3.8 và 3.9).



Hình 3.6



Hình 3.7

4. Các đặc điểm của đường sức điện

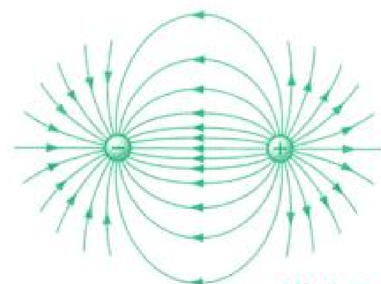
a) Qua mỗi điểm trong điện trường có một đường sức điện và chỉ một mà thôi.

b) Đường sức điện là những đường có hướng. Hướng của đường sức điện tại một điểm là hướng của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó.

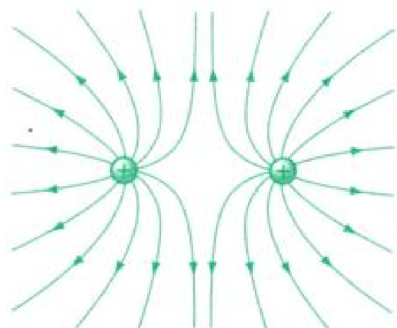
c) Đường sức điện của điện trường tĩnh điện là đường không khép kín. Nó đi ra từ điện tích dương và kết thúc ở điện tích âm. Trong trường hợp chỉ có một điện tích thì các đường sức đi từ điện tích dương ra vô cực hoặc đi từ vô cực đến điện tích âm.

d) Tuy các đường sức điện là dày đặc, nhưng người ta chỉ vẽ một số ít đường theo quy ước sau : Số đường sức đi qua một diện tích nhất định đặt vuông góc với đường sức điện tại điểm mà ta xét thì tỉ lệ với cường độ điện trường tại điểm đó.

Như vậy, ở chỗ cường độ điện trường lớn thì các đường sức điện sẽ mau, còn ở chỗ cường độ điện trường nhỏ thì các đường sức điện sẽ thưa. **C2**



Hình 3.8



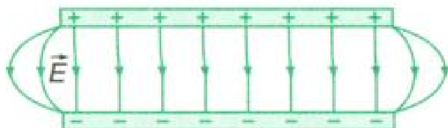
Hình 3.9

Ở Hình 3.8 và 3.9, các điện tích có cùng độ lớn.

C2 Dựa vào hệ thống đường sức (Hình 3.6 và 3.7), hãy chứng minh rằng, cường độ điện trường của một điện tích điểm càng gần điện tích điểm đó thì càng lớn.

5. Điện trường đều

Điện trường đều là điện trường mà vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm đều có cùng phương, chiều và độ lớn ; đường sức điện là những đường thẳng song song cách đều.



Hình 3.10

Điện trường trong một điện môi đồng tính nằm giữa hai bản kim loại phẳng rộng, đặt song song với nhau và tích điện có độ lớn bằng nhau, trái dấu là một điện trường đều (Hình 3.10).

- **Điện trường là một dạng vật chất bao quanh các điện tích và truyền tương tác điện.**
- **Cường độ điện trường đặc trưng cho tác dụng lực của điện trường : $E = \frac{F}{q}$ hay $F = qE$.**
- **Cường độ điện trường của một điện tích điểm trong chân không : $E = k\frac{|Q|}{r^2}$.**
- **Vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ của điện trường tổng hợp : $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$.**
- **Tiếp tuyến tại mỗi điểm của đường sức điện là giá của vectơ $\vec{E}$ tại đó.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Điện trường là gì ?

2. Cường độ điện trường là gì ? Nó được xác định như thế nào ? Đơn vị cường độ điện trường là gì ?

3. Vectơ cường độ điện trường là gì ? Nêu những đặc điểm của vectơ cường độ điện trường tại một điểm.

4. Viết công thức tính và nêu những đặc điểm của cường độ điện trường của một điện tích điểm.

5. Cường độ điện trường của một hệ điện tích điểm được xác định như thế nào ?

6. Phát biểu nguyên lí chồng chất điện trường.

7. Nêu định nghĩa và các đặc điểm của đường sức điện.

8. Điện trường đều là gì ?

9. Đại lượng nào dưới đây *không liên quan* đến cường độ điện trường của một điện tích điểm Q tại một điểm ?

A. Điện tích Q.

B. Điện tích thử q.

C. Khoảng cách r từ Q đến q.

D. Hằng số điện môi của môi trường.

10. Đơn vị nào sau đây là đơn vị đo cường độ điện trường ?

A. Niutơn. B. Culông.

C. Vôn nhân mét. D. Vôn trên mét.

11. Tính cường độ điện trường và vẽ vectơ cường độ điện trường do một điện tích điểm $+4.10^{-8}$ C gây ra tại một điểm cách nó 5 cm trong chân không.

12. Hai điện tích điểm $q_1 = +3.10^{-8}$ C và $q_2 = -4.10^{-8}$ C được đặt cách nhau 10 cm trong chân không. Hãy tìm các điểm mà tại đó cường độ điện trường bằng không. Tại các điểm đó có điện trường hay không ?

13. Tại hai điểm A và B cách nhau 5 cm trong chân không có hai điện tích $q_1 = +16.10^{-8}$ C và $q_2 = -9.10^{-8}$ C. Tính cường độ điện trường tổng hợp và vẽ vectơ cường độ điện trường tại điểm C nằm cách A một khoảng 4 cm và cách B một khoảng 3 cm.

Em có biết ?

ĐIỆN TRƯỜNG GẦN MẶT ĐẤT

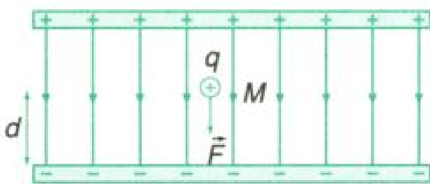
Thực nghiệm cho thấy, trên bề mặt Trái Đất luôn luôn tồn tại một điện trường hướng thẳng đứng từ trên xuống dưới, có cường độ vào khoảng từ 100 V/m đến 200 V/m. Như vậy, con người luôn luôn sống trong một không gian có điện trường, từ trường và trọng trường. Không biết, khi đi du hành vũ trụ dài ngày, trong con tàu không còn các trường đó nữa thì cuộc sống của nhà du hành sẽ bị ảnh hưởng như thế nào ?

4 CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN

Tương tác tĩnh điện có nhiều điểm tương đồng với tương tác hấp dẫn. Ta sẽ thấy, công của lực điện cũng có những điểm tương tự như công của trọng lực.

I - CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN

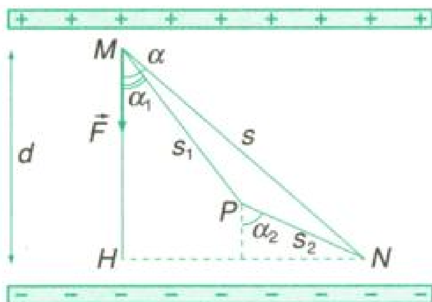
1. Đặc điểm của lực điện tác dụng lên một điện tích đặt trong điện trường đều



Hình 4.1

Đặt điện tích q dương ($q > 0$) tại một điểm M trong điện trường đều (Hình 4.1), nó sẽ chịu tác dụng của một lực điện $\vec{F} = q\vec{E}$. *Lực $\vec{F}$ là lực không đổi*, có phương song song với các đường sức điện, chiều hướng từ bản dương sang bản âm, độ lớn bằng qE.

2. Công của lực điện trong điện trường đều



Hình 4.2

a) Điện tích q dương di chuyển theo đường thẳng MN, làm với các đường sức điện một góc α, với $MN = s$ (Hình 4.2). Ta có công của lực điện :

$$A_{MN} = \vec{F}.\vec{s} = Fs\cos\alpha$$

với $F = qE$ và $s\cos\alpha = d$ thì :

$$A_{MN} = qEd \quad (4.1)$$

trong đó $d = \overline{MH}$ là độ dài đại số, với M là hình chiếu của điểm đầu đường đi, H là hình chiếu của điểm cuối đường đi trên một đường sức. Ta chọn chiều dương cho $\overline{MH}$ cùng chiều với chiều của đường sức.

Vì $q > 0$ nên $\vec{F}$ cùng chiều với $\vec{E}$. Do đó, α vừa là góc giữa lực điện $\vec{F}$ và độ dời $\vec{s}$, vừa là góc giữa hướng của đường sức và hướng của độ dời $\vec{s}$.

– Nếu $\alpha < 90^o$ thì $\cos\alpha > 0$, do đó $d > 0$ ($\overline{MH}$ cùng chiều đường sức) và $A_{MN} > 0$.

– Nếu $\alpha > 90^o$ thì $\cos\alpha < 0$, do đó $d < 0$ ($\overline{MH}$ ngược chiều đường sức) và $A_{MN} < 0$.

Trong trường hợp $q < 0$, ta có thể chứng minh công thức (4.1) vẫn đúng và quy ước về dấu của d vẫn giữ như trên.

b) Điện tích q di chuyển theo đường gấp khúc MPN. Tương tự như trên, ta có :

$$A_{MPN} = Fs_1\cos\alpha_1 + Fs_2\cos\alpha_2$$

Với $s_1\cos\alpha_1 + s_2\cos\alpha_2 = d$, ta lại có :

$$A_{MPN} = qEd$$

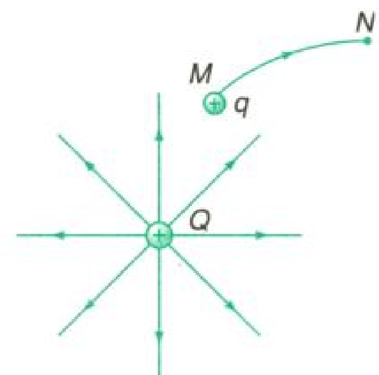
c) Kết quả trên có thể mở rộng cho các trường hợp đường đi từ M đến N là một đường gấp khúc hoặc đường cong.

C1 Hãy nêu sự tương tự giữa công của lực điện trong trường hợp này với công của trọng lực.

Như vậy, ***công của lực điện trong sự di chuyển của điện tích trong điện trường đều từ M đến N là $A_{MN} = qEd$, không phụ thuộc vào hình dạng của đường đi mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu M và điểm cuối N của đường đi.*** **C1**

3. Công của lực điện trong sự di chuyển của điện tích trong điện trường bất kì

Người ta cũng đã chứng minh được rằng, công của lực điện trong sự di chuyển của một điện tích q từ điểm M đến điểm N trong một điện trường bất kì không phụ thuộc hình dạng đường đi từ M đến N mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của M và N (Hình 4.3). Đây là một tính chất chung của điện trường tĩnh điện. Đặc tính này cho thấy, trường tĩnh điện là một trường thế. **C2**



Hình 4.3

C2 Cho một điện tích điểm Q nằm tại tâm của một vòng tròn. Khi di chuyển một điện tích thử q dọc theo cung MN của vòng tròn đó thì công của lực điện sẽ bằng bao nhiêu ?

II - THẾ NĂNG CỦA MỘT ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

1. Khái niệm về thế năng của một điện tích trong điện trường

Tương tự như thế năng của một vật trong trọng trường, *thế năng của một điện tích q trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt điện tích q tại điểm mà ta xét trong điện trường.*

Ta sẽ lấy số đo thế năng của điện tích trong điện trường là công mà điện trường có thể sinh ra khi cho điện tích di chuyển từ điểm mà ta xét đến điểm mốc để tính thế năng. Điểm mốc thường được coi là điểm mà lực điện hết khả năng sinh công.

Đối với một điện tích q (dương) đặt tại điểm M trong điện trường đều thì công này là :

$$A = qEd = W_M$$

trong đó d là khoảng cách từ điểm M đến bản âm ; W_M là thế năng của điện tích q tại M.

Trong trường hợp điện tích q nằm tại điểm M trong một điện trường bất kì do nhiều điện tích gây ra thì có thể lấy thế năng bằng công của lực điện khi di chuyển q từ M ra vô cực ($A_{M\infty}$). Đó là vì ở vô cực, tức là ở rất xa các điện tích gây ra điện trường, thì điện trường bằng 0 và lực điện cũng bằng 0. Do vậy :

$$W_M = A_{M\infty} \quad (4.2)$$

2. Sự phụ thuộc của thế năng W_M vào điện tích q

Vì độ lớn của lực điện luôn tỉ lệ thuận với điện tích thử q nên công $A_{M\infty}$ và do đó, thế năng của điện tích tại M cũng tỉ lệ thuận với q :

$$A_{M\infty} = W_M = V_M q \quad (4.3)$$

V_M là một hệ số tỉ lệ, không phụ thuộc q mà chỉ phụ thuộc vị trí điểm M trong điện trường.

Ở đây, ta hiểu độ giảm thế năng là hiệu giữa giá trị của thế năng ở điểm đầu và giá trị của thế năng ở điểm cuối. Độ giảm thế năng là một đại lượng đại số.

3. Công của lực điện và độ giảm thế năng của điện tích trong điện trường

Từ định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, ta có thể suy ra kết quả sau đây :

Khi một điện tích q di chuyển từ điểm M đến điểm N trong một điện trường thì công mà lực điện tác dụng lên điện tích đó sinh ra sẽ bằng độ giảm thế năng của điện tích q trong điện trường. **C3**

C3 Thế năng của điện tích thử q trong điện trường của điện tích điểm Q nêu ở C2 sẽ thay đổi thế nào khi q di chuyển dọc theo cung MN ?

$$A_{MN} = W_M - W_N \quad (4.4)$$

❖ **Công của lực điện trong sự di chuyển của một điện tích không phụ thuộc hình dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi trong điện trường.**

❖ **Thế năng của một điện tích điểm q tại điểm M trong điện trường :**

$$W_M = A_{M\infty} = V_M q$$

Thế năng tỉ lệ thuận với q.

❖ **Công của lực điện bằng độ giảm thế năng của điện tích trong điện trường.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Viết công thức tính công của lực điện trong sự di chuyển của một điện tích trong một điện trường đều.

2. Nêu đặc điểm của công của lực điện tác dụng lên điện tích thử q khi cho q di chuyển trong điện trường.

3. Thế năng của điện tích q trong một điện trường phụ thuộc vào q như thế nào ?

▼

4. Cho điện tích thử q di chuyển trong một điện trường đều dọc theo hai đoạn thẳng MN và NP. Biết rằng lực điện sinh công dương và MN dài hơn NP. Hỏi kết quả nào sau đây là đúng, khi so sánh các công A_{MN} và A_{NP} của lực điện ?

A. $A_{MN} > A_{NP}$.

B. $A_{MN} < A_{NP}$.

C. $A_{MN} = A_{NP}$.

D. Cả ba trường hợp A, B, C đều có thể xảy ra.

5. Một êlectron di chuyển được đoạn đường 1 cm, dọc theo một đường sức điện, dưới tác dụng của lực điện trong một điện trường đều có cường độ điện trường 1 000 V/m. Hỏi công của lực điện có giá trị nào sau đây ?

A. $-1{,}6.10^{-16}$ J. B. $+1{,}6.10^{-16}$ J.

C. $-1{,}6.10^{-18}$ J. D. $+1{,}6.10^{-18}$ J.

6. Cho một điện tích di chuyển trong điện trường dọc theo một đường cong kín, xuất phát từ điểm M rồi trở lại điểm M. Công của lực điện bằng bao nhiêu ?

7. Một êlectron được thả không vận tốc ban đầu ở sát bản âm, trong điện trường đều giữa hai bản kim loại phẳng, tích điện trái dấu. Cường độ điện trường giữa hai bản là 1 000 V/m. Khoảng cách giữa hai bản là 1 cm.

Tính động năng của êlectron khi nó đến đập vào bản dương.

8. Cho một điện tích dương Q đặt tại điểm O. Đặt một điện tích âm q tại điểm M. Chứng minh rằng thế năng của q ở M có giá trị âm.

5 ĐIỆN THẾ
HIỆU ĐIỆN THẾ

Thế năng W_M của điện tích q trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của lực điện tác dụng lên điện tích q. Thế năng W_M vừa phụ thuộc điện trường tại M, vừa phụ thuộc q. Có đại lượng nào đặc trưng riêng cho khả năng sinh công của điện trường, không phụ thuộc vào điện tích q ?

I - ĐIỆN THẾ

1. Khái niệm điện thế

Trong công thức tính thế năng của một điện tích q tại một điểm M trong điện trường $W_M = A_{M\infty} = V_M q$ thì hệ số V_M không phụ thuộc q, mà chỉ phụ thuộc điện trường tại M. Nó đặc trưng cho điện trường về phương diện tạo ra thế năng của điện tích q. Ta gọi nó là *điện thế* tại M.

$$V_M = \frac{W_M}{q} = \frac{A_{M\infty}}{q}$$

2. Định nghĩa

Điện thế tại một điểm M trong điện trường là đại lượng đặc trưng riêng cho điện trường về phương diện tạo ra thế năng khi đặt tại đó một điện tích q. Nó được xác định bằng thương số của công của lực điện tác dụng lên q khi q di chuyển từ M ra vô cực và độ lớn của q.

$$\mathbf{V_M = \frac{A_{M\infty}}{q}} \quad (5.1)$$

3. Đơn vị điện thế

Đơn vị điện thế là *vôn* (kí hiệu là V). Trong công thức (5.1), nếu $q = 1$ C ; $A_{M\infty} = 1$ J thì $V_M = 1$ V.

C1 Chứng minh rằng, điện thế tại mọi điểm trong điện trường của một điện tích điểm âm ($Q < 0$) đều có giá trị âm.

4. Đặc điểm của điện thế

Điện thế là đại lượng đại số. Trong công thức (5.1), vì $q > 0$ nên : nếu $A_{M\infty} > 0$ thì $V_M > 0$; nếu $A_{M\infty} < 0$ thì $V_M < 0$. **C1**

Điện thế của đất và của một điểm ở vô cực thường được chọn làm mốc (bằng 0).

II - HIỆU ĐIỆN THẾ

1. Hiệu điện thế[1] giữa hai điểm M và N là hiệu giữa điện thế V_M và V_N (Hình 5.1) :

$$U_{MN} = V_M - V_N \quad (5.2)$$



Hình 5.1

Khi di chuyển q từ M đến N thì điện trường sinh công A_{MN}.

2. Định nghĩa

Từ công thức (5.2) ta suy ra :

$$U_{MN} = \frac{A_{M\infty}}{q} - \frac{A_{N\infty}}{q} = \frac{A_{M\infty} - A_{N\infty}}{q}$$

Mặt khác, ta có thể viết :

$$A_{M\infty} = A_{MN} + A_{N\infty}$$

Kết quả, ta thu được :

$$U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q} \quad (5.3)$$

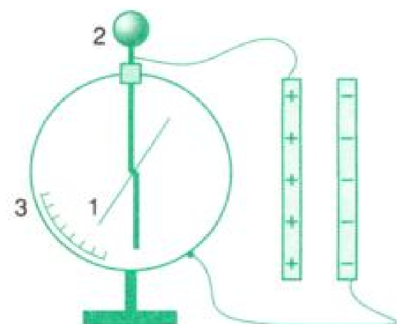
Vậy, ***hiệu điện thế giữa hai điểm M, N trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường trong sự di chuyển của một điện tích từ M đến N. Nó được xác định bằng thương số của công của lực điện tác dụng lên điện tích q trong sự di chuyển từ M đến N và độ lớn của q.***

Đơn vị hiệu điện thế cũng là vôn. Vôn là hiệu điện thế giữa hai điểm mà nếu di chuyển điện tích $q = 1$ C từ điểm nọ đến điểm kia thì lực điện sinh công là 1 J.

3. Đo hiệu điện thế

Người ta đo hiệu điện thế tĩnh điện bằng *tĩnh điện kế*.

Phần chính của tĩnh điện kế gồm một cái kim bằng kim loại (1) có thể quay xung quanh một trục gắn trên một cái cần cũng bằng kim loại (2). Hệ thống được đặt trong một cái vỏ kim loại (3) và được cách điện với vỏ (Hình 5.2).

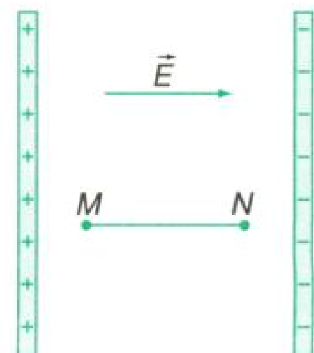


Hình 5.2

Muốn đo hiệu điện thế giữa bản dương và bản âm của một tụ điện phẳng, người ta nối bản âm với vỏ và bản dương với cần của tĩnh điện kế. Kim tích điện cùng dấu với cần và nằm trong điện trường giữa cần và vỏ nên chịu tác dụng của lực điện, làm cho nó quay cho đến khi tác dụng của lực điện bị cân bằng bởi tác dụng của trọng lực. Góc quay của kim tỉ lệ với hiệu điện thế giữa cần và vỏ.

4. Hệ thức giữa hiệu điện thế và cường độ điện trường

Xét hai điểm M và N trên một đường sức điện của một điện trường đều (Hình 5.3).



Hình 5.3

(1) Hiệu điện thế còn gọi là điện áp.

Nếu di chuyển một điện tích q trên đường thẳng MN thì công của lực điện sẽ là :

$$A_{MN} = qEd$$

với $d = \overline{MN}$.

Hiệu điện thế giữa hai điểm M, N là :

$$U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q} = Ed$$

hay
$$\boldsymbol{E = \frac{U_{MN}}{d} = \frac{U}{d}} \quad (5.4)$$

Công thức này cho thấy tại sao ta lại dùng đơn vị của cường độ điện trường là vôn trên mét (V/m).

Công thức (5.4) cũng đúng cho trường hợp điện trường không đều, nếu trong khoảng d rất nhỏ dọc theo đường sức điện, cường độ điện trường thay đổi không đáng kể.

- **Điện thế tại một điểm M đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt tại đó một điện tích q.**

$$V_M = \frac{A_{M\infty}}{q} = \frac{W_M}{q}$$

- **Hiệu điện thế giữa hai điểm đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường trong sự di chuyển của điện tích q từ điểm nọ đến điểm kia.**

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q}$$

- **Đơn vị của điện thế và hiệu điện thế là vôn (V).**
- **Hệ thức giữa hiệu điện thế và cường độ điện trường : $U = Ed$.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Điện thế tại một điểm trong điện trường là gì ? Nó được xác định như thế nào ?
2. Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường là gì ?
3. Viết hệ thức liên hệ hiệu điện thế giữa hai điểm với công do lực điện sinh ra khi có một điện tích q di chuyển giữa hai điểm đó.
4. Viết hệ thức giữa hiệu điện thế và cường độ điện trường, nói rõ điều kiện áp dụng hệ thức đó.

5. Biết hiệu điện thế U_{MN} = 3 V. Hỏi đẳng thức nào dưới đây chắc chắn đúng ?

A. V_M = 3 V.   B. V_N = 3 V.

C. $V_M - V_N$ = 3 V.   D. $V_N - V_M$ = 3 V.

6. Khi một điện tích $q = -2$ C di chuyển từ điểm M đến điểm N trong điện trường thì lực điện sinh công − 6 J. Hỏi hiệu điện thế U_{MN} có giá trị nào sau đây ?

A. +12 V.   B. − 12 V.

C. +3 V.   D. − 3 V.

7. Chọn câu đúng.

Thả một êlectron không vận tốc ban đầu trong một điện trường bất kì. Êlectron đó sẽ

A. chuyển động dọc theo một đường sức điện.

B. chuyển động từ điểm có điện thế cao xuống điểm có điện thế thấp.

C. chuyển động từ điểm có điện thế thấp lên điểm có điện thế cao.

D. đứng yên.

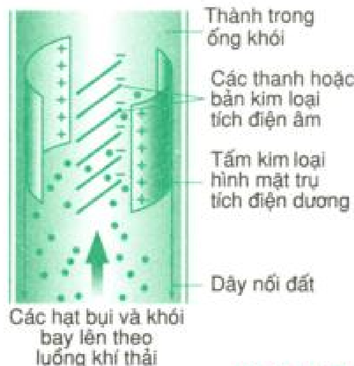
8. Có hai bản kim loại phẳng đặt song song với nhau và cách nhau 1 cm. Hiệu điện thế giữa bản dương và bản âm là 120 V. Hỏi điện thế tại điểm M nằm trong khoảng giữa hai bản, cách bản âm 0,6 cm sẽ là bao nhiêu ? Mốc điện thế ở bản âm.

9. Tính công mà lực điện tác dụng lên một êlectron sinh ra khi nó chuyển động từ điểm M đến điểm N. Biết hiệu điện thế U_{MN} = 50 V.

Em có biết ?

THIẾT BỊ LỌC BỤI TĨNH ĐIỆN

Để tránh làm ô nhiễm không khí, trong các ống khói của các nhà máy điện, nhà máy xi măng, nhà máy gạch, nhà máy hoá chất,... người ta thường lắp cái lọc bụi tĩnh điện.



Hình 5.4



Hình 5.5

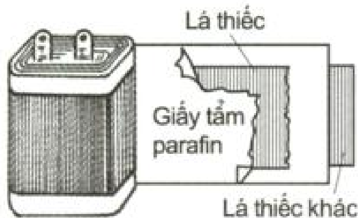
Trong ảnh (chụp ngày 7 - 12 - 2006) là hai ống khói của Nhà máy nhiệt điện Phả Lại. Ống khói của dây chuyền sản xuất cũ (bên trái) phun khói bụi nhiều, còn ống khói của dây chuyền sản xuất mới (bên phải) đã được lọc bụi tốt.

Thiết bị lọc bụi tĩnh điện gồm một hệ thống các thanh hoặc bản kim loại bố trí dọc theo trục của ống khói. Ở hai bên thành trong ống khói có hai tấm kim loại hình mặt trụ (Hình 5.4). Các thanh hoặc bản kim loại được nối với cực âm của nguồn điện cao thế. Hai tấm kim loại mặt trụ được nối với cực dương. Khi các hạt bụi, khói bay từ dưới lên qua các thanh hoặc bản kim loại thì chúng sẽ bị nhiễm điện âm. Do đó, chúng sẽ bị hút dính vào các tấm kim loại mặt trụ và bị trung hoà về điện. Một bộ phận cơ học lắc nhẹ hai tấm này làm cho các hạt bụi, khói rơi xuống và được đưa ra ngoài.

Hiệu điện thế giữa hai tấm kim loại mặt trụ với các thanh hoặc bản kim loại vào khoảng vài chục nghìn vôn.

6 TỤ ĐIỆN

Trong quạt điện, tivi, tủ lạnh, stăcte của đèn ống,... ta thường thấy có tụ điện. Vậy tụ điện là gì ?

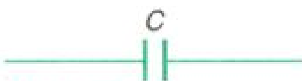


Hình 6.1

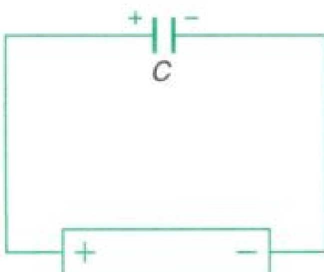


Hình 6.2

Ảnh chụp một số loại tụ điện



Hình 6.3



Hình 6.4

C1 Sau khi tích điện cho tụ điện, nếu nối hai bản bằng một dây dẫn thì sẽ xảy ra hiện tượng gì ?

I - TỤ ĐIỆN

1. Tụ điện là gì ?

Tụ điện là một hệ hai vật dẫn đặt gần nhau và ngăn cách nhau bằng một lớp cách điện.

Tụ điện dùng để chứa điện tích.

Tụ điện là dụng cụ được dùng phổ biến trong các mạch điện xoay chiều và các mạch vô tuyến điện. Nó có nhiệm vụ tích và phóng điện trong mạch điện.

Tụ điện được dùng phổ biến là *tụ điện phẳng*. Cấu tạo của tụ điện phẳng gồm hai bản kim loại phẳng đặt song song với nhau và ngăn cách nhau bằng một lớp điện môi. Hai bản kim loại này gọi là hai bản của tụ điện.

Trong thực tế, hai bản kim loại thường là hai tấm giấy thiếc, kẽm hoặc nhôm ; lớp điện môi là lớp giấy tẩm một chất cách điện như parafin. Hai bản và lớp cách điện được cuộn lại và đặt trong một vỏ bằng kim loại (Hình 6.1 và 6.2).

Trong mạch điện, tụ điện được biểu diễn bằng kí hiệu vẽ trên Hình 6.3.

2. Cách tích điện cho tụ điện

Muốn tích điện cho tụ điện, người ta nối hai bản của tụ điện với hai cực của nguồn điện (Hình 6.4). Bản nối với cực dương sẽ tích điện dương, bản nối với cực âm sẽ tích điện âm. **C1**

Vì hai bản tụ điện rất gần nhau, nên do có sự nhiễm điện do hưởng ứng, điện tích của hai bản bao giờ cũng có độ lớn bằng nhau nhưng trái dấu. Ta gọi điện tích của bản dương là điện tích của tụ điện.

II - ĐIỆN DUNG CỦA TỤ ĐIỆN

1. Định nghĩa

Dùng một nguồn có hiệu điện thế nhất định để tích điện cho một số tụ điện khác nhau. Ta sẽ thấy độ lớn của điện tích mà chúng tích được cũng khác nhau. Như vậy khả năng tích điện của các tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định là khác nhau.

Mặt khác, người ta đã chứng minh được chặt chẽ bằng lí thuyết là : *Điện tích Q mà một tụ điện nhất định tích được tỉ lệ thuận với hiệu điện thế U đặt giữa hai bản của nó.*

$$Q = CU \text{ hay } C = \frac{Q}{U} \quad (6.1)$$

Đại lượng C gọi là *điện dung* của tụ điện. Nó đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định. Thật vậy, dưới một hiệu điện thế U nhất định, tụ có điện dung C lớn sẽ tích được điện tích Q lớn. Vậy :

Điện dung của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định. Nó được xác định bằng thương số của điện tích của tụ điện và hiệu điện thế giữa hai bản của nó.

2. Đơn vị điện dung

Trong công thức (6.1), nếu Q đo bằng đơn vị culông (C), U đo bằng đơn vị vôn (V) thì C đo bằng đơn vị fara (kí hiệu là F).

Fara là điện dung của một tụ điện mà nếu đặt giữa hai bản của nó hiệu điện thế 1 V thì nó tích được điện tích 1 C.

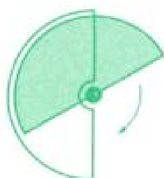
Các tụ điện thường dùng chỉ có điện dung từ 10^{-12} F đến 10^{-6} F. Vì vậy, ta thường dùng các ước của fara :

1 micrôfara (kí hiệu là μF) = 1.10^{-6} F

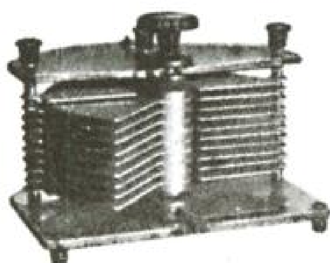
1 nanôfara (kí hiệu là nF) = 1.10^{-9} F

1 picôfara (kí hiệu là pF) = 1.10^{-12} F.

3. Các loại tụ điện



a) Mô hình cấu tạo



b) Ảnh chụp một tụ xoay

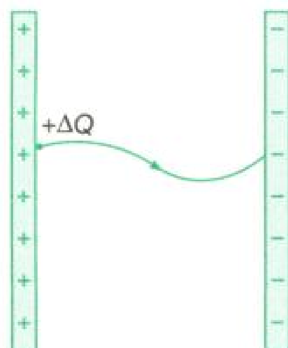
Hình 6.5 Tụ xoay

a) Người ta thường lấy tên của lớp điện môi để đặt tên cho tụ điện : tụ không khí, tụ giấy, tụ mica, tụ sứ, tụ gốm,...

Trên vỏ của mỗi tụ điện thường có ghi cặp số liệu, chẳng hạn như 10 μF – 250 V. Số liệu thứ nhất cho biết điện dung của tụ. Số liệu thứ hai là giá trị giới hạn của hiệu điện thế có thể đặt vào hai cực của tụ. Vượt qua giới hạn đó, tụ điện có thể bị hỏng.

b) Người ta còn chế tạo tụ điện có điện dung thay đổi được (còn gọi là tụ xoay). Tụ xoay có một bản cố định (thực ra là một hệ thống bản) hình bán nguyệt và một bản linh động cũng hình bán nguyệt. Bản linh động có thể quay quanh một trục vuông góc với bản cố định tại tâm (Hình 6.5). Khi xoay bản linh động, diện tích của phần đối diện giữa hai bản sẽ thay đổi làm cho điện dung của tụ điện thay đổi.

4. Năng lượng của điện trường trong tụ điện



Hình 6.6

Khi tụ điện được tích điện thì giữa hai bản của tụ điện sẽ có một điện trường. Nếu ta tưởng tượng cho một lượng điện tích nhỏ $+ \Delta Q$ di chuyển theo một dây dẫn từ bản dương sang bản âm (Hình 6.6) thì điện trường sẽ sinh công. Dây dẫn sẽ nóng lên chút ít. Đến bản âm thì điện tích $+ \Delta Q$ sẽ trung hoà bớt một lượng điện tích âm là $-\Delta Q$. Điện tích của tụ điện bị giảm đi một lượng ΔQ.

Nếu cứ tiếp tục làm như trên thì sẽ đến lúc tụ điện hết điện. Điện trường sẽ triệt tiêu. Toàn bộ công mà điện trường sinh ra đã làm tăng nội năng của dây dẫn. Năng lượng này do điện trường cung cấp.

Vậy, khi tụ điện tích điện thì điện trường trong tụ điện sẽ dự trữ một năng lượng. Đó là năng lượng điện trường.

Người ta đã chứng minh được công thức tính năng lượng của điện trường trong tụ điện :

$$W = \frac{Q^2}{2C}$$

- **Tụ điện là dụng cụ thường dùng để tích và phóng điện trong mạch điện. Cấu tạo của tụ điện phẳng gồm hai bản kim loại phẳng đặt song song với nhau và ngăn cách nhau bằng lớp điện môi.**
- **Điện dung của tụ điện đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định.**

$$C = \frac{Q}{U}$$

- **Đơn vị điện dung là fara (F).**
- **Khi tụ điện tích điện thì điện trường trong tụ điện sẽ dự trữ một năng lượng. Đó là năng lượng điện trường.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Tụ điện là gì ? Tụ điện phẳng có cấu tạo như thế nào ?
2. Làm thế nào để tích điện cho tụ điện ? Người ta gọi điện tích của tụ điện là điện tích của bản nào ?
3. Điện dung của tụ điện là gì ?
4. Năng lượng của một tụ điện tích điện là dạng năng lượng gì ?



5. Gọi Q, C và U là điện tích, điện dung và hiệu điện thế giữa hai bản của một tụ điện. Phát biểu nào dưới đây là đúng ?

   A. C tỉ lệ thuận với Q.

   B. C tỉ lệ nghịch với U.

   C. C phụ thuộc vào Q và U.

   D. C không phụ thuộc vào Q và U.

6. Trong trường hợp nào dưới đây, ta không có một tụ điện ?

   Giữa hai bản kim loại là một lớp

   A. mica.

   B. nhựa pôliêtilen.

   C. giấy tẩm dung dịch muối ăn.

   D. giấy tẩm parafin.

7. Trên vỏ một tụ điện có ghi 20 μF – 200 V.

   a) Nối hai bản của tụ điện với một hiệu điện thế 120 V. Tính điện tích của tụ điện.

   b) Tính điện tích tối đa mà tụ điện tích được.

8*. Tích điện cho một tụ điện có điện dung 20 μF dưới hiệu điện thế 60 V. Sau đó tháo tụ điện ra khỏi nguồn.

   a) Tính điện tích q của tụ.

   b) Tính công mà điện trường trong tụ điện sinh ra khi phóng điện tích $\Delta q = 0{,}001q$ từ bản dương sang bản âm.

   c) Xét lúc điện tích của tụ điện chỉ còn bằng $\frac{q}{2}$.

   Tính công mà điện trường trong tụ điện sinh ra khi phóng điện tích Δq như trên từ bản dương sang bản âm lúc đó.

Tổng kết chương I ĐIỆN TÍCH ĐIỆN TRƯỜNG

1. Có hai loại điện tích là điện tích âm và điện tích dương. Các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau. Đơn vị điện tích là culông (C).

2. Định luật Cu-lông về lực tương tác giữa các điện tích điểm đặt trong chân không :

$$F = 9.10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

3. Thuyết êlectron là thuyết căn cứ vào sự cư trú và di chuyển của các êlectron để giải thích các hiện tượng điện và các tính chất điện của các vật. Dựa vào thuyết êlectron có thể giải thích được các hiện tượng nhiễm điện do cọ xát, do tiếp xúc và do hưởng ứng...

4. Xung quanh mỗi điện tích có điện trường của điện tích đó. Nó tác dụng lực lên các điện tích khác đặt trong đó.

5. Cường độ điện trường của một điện tích điểm trong chân không :

$$E = \frac{F}{q} \; ; E_{\text{điện tích điểm}} = 9.10^9 \frac{|Q|}{r^2}$$

Đơn vị cường độ điện trường là vôn trên mét (V/m).

6. Đường sức điện là đường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó là giá của vectơ cường độ điện trường.

7. Công của lực điện không phụ thuộc vào hình dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi trong điện trường.

8. Thế năng của một điện tích điểm q tại điểm M trong điện trường tỉ lệ thuận với q :

$$W_M = A_{M\infty} = V_M q$$

9. Điện thế tại một điểm đặc trưng cho điện trường về khả năng sinh công khi tác dụng lực lên một điện tích q. Hệ thức giữa điện thế và công $A_{M\infty}$ là :

$$V_M = \frac{A_{M\infty}}{q}$$

10. Hiệu điện thế :

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q}$$

Đơn vị điện thế và hiệu điện thế là vôn (V).

11. Hệ thức giữa cường độ điện trường đều và hiệu điện thế : $U = Ed$.

12. Điện dung của tụ điện : $C = \frac{Q}{U}$. Đơn vị điện dung là fara (F).

13. Điện trường trong tụ điện có dự trữ năng lượng.

7 DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI NGUỒN ĐIỆN

Ở THCS, ta đã biết dòng điện là gì, biết nguồn điện tạo ra dòng điện chạy trong mạch điện kín và có nhiều hiểu biết khác về dòng điện. Trong bài này, ta sẽ biết dòng điện không đổi là gì và vì sao nguồn điện có thể tạo ra dòng điện chạy khá lâu trong mạch điện kín.

I - DÒNG ĐIỆN

Nhớ lại các kiến thức đã học ở THCS và trả lời các câu hỏi dưới đây :

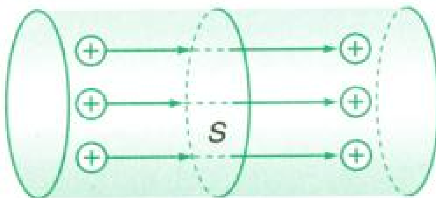
1. Dòng điện là gì ?

2. Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các hạt điện tích nào ?

3. Chiều của dòng điện được quy ước như thế nào ? Chiều quy ước của dòng điện chạy qua dây dẫn kim loại cùng chiều hay ngược chiều với chiều dịch chuyển có hướng của các hạt điện tích ?

4. Dòng điện chạy qua các vật dẫn có thể gây ra những tác dụng nào ? Đối với mỗi tác dụng hãy kể tên một dụng cụ mà hoạt động của nó dựa chủ yếu vào tác dụng đó của dòng điện.

5. Trị số của đại lượng nào cho biết mức độ mạnh, yếu của dòng điện ? Đại lượng này được đo bằng dụng cụ nào và bằng đơn vị gì ?



Hình 7.1
Các điện tích dịch chuyển qua tiết diện thẳng *S* của vật dẫn theo phương vuông góc với tiết diện này.

II - CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN. DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

1. Cường độ dòng điện

Các điện tích dương hoặc điện tích âm dịch chuyển có hướng đều tạo thành dòng điện. Hình 7.1 mô tả trường hợp các điện tích dương dịch chuyển theo phương vuông góc với tiết diện thẳng *S* của vật dẫn. Rõ ràng là dòng điện càng mạnh, tức là có cường độ càng lớn, nếu càng có nhiều điện tích dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong một đơn vị thời gian.

Nếu có một lượng điện tích (điện lượng) Δq dịch chuyển qua tiết diện thẳng S của vật dẫn trong khoảng thời gian Δt thì cường độ dòng điện I được xác định là :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (7.1)$$

Vậy, ***cường độ dòng điện là đại lượng đặc trưng cho tác dụng mạnh, yếu của dòng điện. Nó được xác định bằng thương số của điện lượng Δq dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong khoảng thời gian Δt và khoảng thời gian đó.***

Cường độ dòng điện có thể thay đổi theo thời gian. Vì vậy, công thức (7.1) cho giá trị trung bình của cường độ dòng điện trong khoảng thời gian Δt. Nếu lấy Δt càng nhỏ thì công thức (7.1) cho giá trị càng chính xác của cường độ dòng điện tại một thời điểm (được gọi là cường độ dòng điện tức thời).

2. Dòng điện không đổi

Dòng điện không đổi là dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian. **C1**

C1 Nêu một ví dụ về một mạch điện trong đó có dòng điện không đổi chạy qua.

Thay cho công thức (7.1), cường độ dòng điện không đổi được tính theo công thức :

$$I = \frac{q}{t} \quad (7.2)$$

trong đó, q là điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong khoảng thời gian t. **C2**

C2 Đo cường độ dòng điện bằng dụng cụ gì ? Mắc dụng cụ đó như thế nào vào mạch ?

Trong ngôn ngữ thường ngày, có khi người ta gọi dòng điện không đổi là dòng điện một chiều. Cần chú ý rằng, dòng điện không đổi là dòng điện một chiều, nhưng có những dòng điện một chiều lại có cường độ thay đổi theo thời gian (ví dụ : dòng điện chạy qua dây dẫn nối hai bản của một tụ điện đã được tích điện trước đó).

3. Đơn vị của cường độ dòng điện và của điện lượng

a) Đơn vị của cường độ dòng điện trong hệ SI là ampe và được xác định là :

$$1\text{ A} = \frac{1\text{ C}}{1\text{ s}} = 1\text{ C/s}$$

C3 Trong thời gian 2 s có một điện lượng 1,50 C dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây tóc một bóng đèn. Tính cường độ dòng điện chạy qua đèn.

Ampe là một trong bảy đơn vị cơ bản của hệ SI và được định nghĩa theo tương tác từ của dòng điện (xem chương IV). **C3**

b) Đơn vị của điện lượng là culông (C), được định nghĩa theo đơn vị ampe :

$$1\text{ C} = 1\text{ A.s}$$

C4 Dòng điện chạy qua một dây dẫn bằng kim loại có cường độ là 1 A. Tính số êlectron dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn này trong khoảng thời gian 1 s.

Culông là điện lượng dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong thời gian 1 giây khi có dòng điện không đổi cường độ 1 ampe chạy qua dây dẫn này. **C4**

III - NGUỒN ĐIỆN

1. Điều kiện để có dòng điện

C5 Các vật cho dòng điện chạy qua được gọi là các vật gì ? Các hạt mang điện trong các vật loại này có đặc điểm gì ?

C6 Giữa hai đầu một đoạn mạch hoặc giữa hai đầu bóng đèn phải có điều kiện gì để có dòng điện chạy qua chúng ?

a) Nhớ lại các kiến thức đã học ở THCS để trả lời C5 và C6.

b) Kết luận :

Điều kiện để có dòng điện là phải có một hiệu điện thế đặt vào hai đầu vật dẫn điện.

Hiệu điện thế này tạo ra trong vật dẫn một điện trường. Dưới tác dụng của lực điện, các hạt mang điện vẫn chuyển động hỗn loạn nhưng có thêm chuyển động có hướng. Chuyển động có hướng này tạo thành dòng điện trong vật dẫn.

2. Nguồn điện

C7 Hãy kể tên một số các nguồn điện thường dùng.

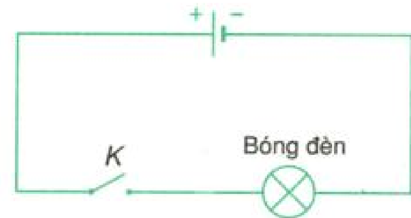
a) Nhớ lại những kiến thức về nguồn điện đã học ở THCS để trả lời C7, C8 và C9.

b) Sự tồn tại hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện :

Nguồn điện duy trì hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện.

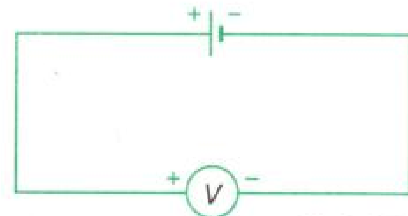
Hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện được duy trì ngay cả khi có dòng điện chạy qua các vật dẫn nối liền giữa hai cực của nó, có nghĩa là sự tích điện khác nhau ở các cực của nguồn điện tiếp tục được duy trì. Điều này được thực hiện trong nhiều nguồn điện, bằng cách tách các êlectron khỏi nguyên tử và chuyển các êlectron hay ion dương ra khỏi mỗi cực của nguồn điện. Khi đó một cực thừa êlectron được gọi là cực âm (có điện thế thấp hơn), cực kia thừa ít hoặc thiếu êlectron được gọi là cực dương (có điện thế cao hơn). Việc tách các êlectron ra khỏi nguyên tử không thể do các lực điện (lực Cu-lông, như đã học ở chương I) thực hiện, mà phải do *các lực khác bản chất với lực điện thực hiện và được gọi là các lực lạ.*

C8 Bộ phận nào của mạch điện Hình 7.2 tạo ra dòng điện chạy trong mạch điện này khi đóng công tắc *K* ?



Hình 7.2

C9 Nếu mắc mạch điện theo sơ đồ Hình 7.3 thì số chỉ của vôn kế và số vôn ghi trên nguồn điện có mối liên hệ gì ? Điều đó cho biết có gì tồn tại giữa hai cực của nguồn điện ?

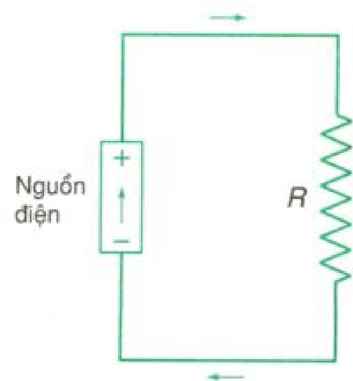


Hình 7.3

IV - SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CỦA NGUỒN ĐIỆN

1. Công của nguồn điện

Trong mạch điện kín (Hình 7.4), nguồn điện tạo ra hiệu điện thế (hay điện áp) giữa hai đầu mạch ngoài gồm các vật dẫn nối liền hai cực của nguồn điện và do đó tạo ra một điện trường ở mạch ngoài. Dưới tác dụng của lực điện, các điện tích dương ở mạch ngoài dịch chuyển từ cực dương (có điện thế cao hơn) tới cực âm của nguồn điện (có điện thế thấp hơn) tạo thành dòng điện. Để duy trì sự tích điện ở hai cực và do đó duy trì hiệu điện thế giữa hai cực như trước, bên trong nguồn điện (mạch trong) dưới tác dụng của các lực lạ, các điện tích dương dịch chuyển ngược chiều điện trường. Khi đó các lực lạ thực hiện một công thắng công cản của lực điện bên trong nguồn điện.



Hình 7.4

Tương tự như vậy, trong trường hợp ở mạch ngoài là sự chuyển dịch của các điện tích âm (các êlectron) từ cực âm tới cực dương dưới tác dụng của lực điện thì ở mạch trong các điện tích âm dịch chuyển từ cực dương tới cực âm dưới tác dụng của các lực lạ.

Công của các lực lạ thực hiện làm dịch chuyển các điện tích qua nguồn được gọi là công của nguồn điện.

Như vậy, nguồn điện không có tác dụng tạo thêm các điện tích mà có vai trò như một "máy bơm điện tích".

Nguồn điện là một nguồn năng lượng, vì nó có khả năng thực hiện công khi dịch chuyển các điện tích dương bên trong nguồn điện ngược chiều điện trường, hoặc dịch chuyển các điện tích âm bên trong nguồn điện cùng chiều điện trường.

2. Suất điện động của nguồn điện

a) *Định nghĩa*

Suất điện động $\mathscr{E}$ của một nguồn điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện và được đo bằng thương số giữa công A của lực lạ thực hiện khi dịch chuyển một điện tích dương q ngược chiều điện trường bên trong nguồn điện và độ lớn của điện tích q đó.

b) *Công thức*

$$\mathscr{E} = \frac{A}{q} \qquad (7.3)$$

c) *Đơn vị*

Từ định nghĩa và công thức (7.3), ta thấy suất điện động có cùng đơn vị với điện thế và hiệu điện thế là vôn (V) :

$$1\text{ V} = 1\text{ J/C} \quad \left(1\text{ vôn} = \frac{1\text{ jun}}{1\text{ culông}}\right)$$

Số vôn ghi trên mỗi nguồn điện cho biết trị số của suất điện động của nguồn điện đó. Như đã biết ở THCS, số vôn này cũng là giá trị của hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện khi mạch ngoài hở. Vì vậy, *suất điện động của nguồn điện có giá trị bằng hiệu điện thế giữa hai cực của nó khi mạch ngoài hở.*

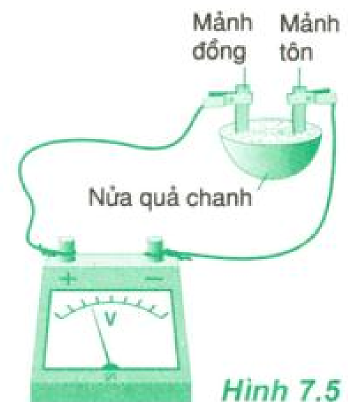
Trong mạch điện kín, dòng điện chạy qua mạch ngoài và cả mạch trong. Như vậy, nguồn điện cũng là một vật dẫn và cũng có điện trở. Điện trở này được gọi là *điện trở trong của nguồn điện*. Vì vậy, mỗi nguồn điện được đặc trưng bằng suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r của nó.

C10 Hãy làm thí nghiệm với pin điện hoá tự tạo : cắm hai mảnh kim loại khác loại (chẳng hạn một mảnh đồng và một mảnh tôn) vào một nửa quả quất hay nửa quả chanh đã được bóp nhũn cả quả trước đó và đo hiệu điện thế giữa hai mảnh kim loại này (Hình 7.5).

V - PIN VÀ ACQUY

1. Pin điện hoá

Cấu tạo chung của các pin điện hoá là gồm hai cực có bản chất hoá học khác nhau được ngâm trong chất điện phân (dung dịch axit, bazơ hoặc muối...). **C10**

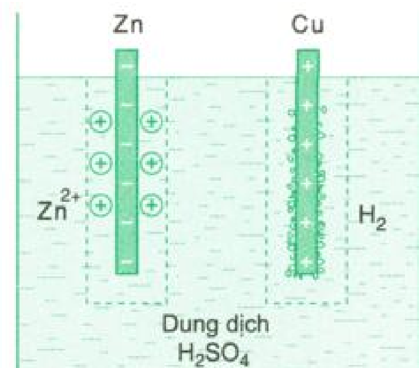


Hình 7.5

a) *Pin Vôn-ta (Volta)*

Pin Vôn-ta là nguồn điện hoá học được chế tạo đầu tiên gồm một cực bằng kẽm (Zn) và một cực bằng đồng (Cu) được ngâm trong dung dịch axit sunfuric (H_2SO_4) loãng (Hình 7.6).

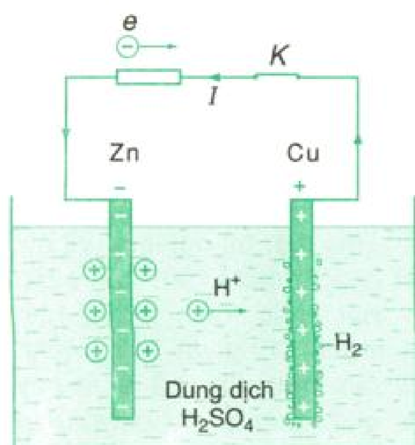
Do tác dụng hoá học, các ion kẽm Zn^{2+} từ thanh kẽm đi vào dung dịch axit sunfuric. Thanh kẽm thừa êlectron nên tích điện âm.



Hình 7.6

Mặt khác, các ion H^+ có trong dung dịch tới bám vào cực đồng và thu lấy các êlectron có trong thanh đồng. Do đó, thanh đồng mất êlectron nên tích điện dương. Kết quả là giữa hai cực của pin Vôn-ta có một hiệu điện thế xác định và là giá trị của suất điện động của pin Vôn-ta :

$$\mathscr{E} = U_2 - U_1 = 1{,}1 \text{ V}$$

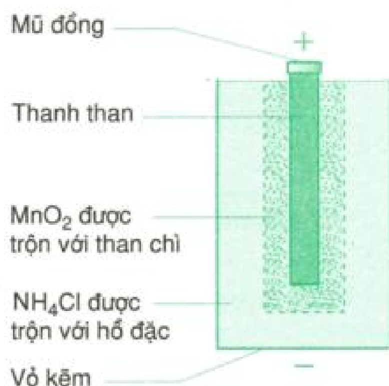


Hình 7.7

Khi nối hai cực của pin Vôn-ta thành mạch kín (Hình 7.7), thì dòng điện ở mạch ngoài là dòng các êlectron tự do chạy từ cực kẽm tới cực đồng, làm mất bớt điện tích âm của cực kẽm và giảm điện tích dương của cực đồng. Tác dụng hoá học lại bứt các ion kẽm Zn^{2+} khỏi thanh kẽm, kéo chúng đi vào dung dịch, đồng thời các ion dương H^+ từ bên trong dung dịch chạy tới cực đồng, thu lấy các êlectron ở cực đồng. Kết quả là có một dòng điện chạy liên tục ở mạch ngoài và mạch trong của pin. Tác dụng hoá học đóng vai trò của lực lạ tạo ra và duy trì sự tích điện khác nhau ở hai cực của pin, do đó duy trì hiệu điện thế giữa chúng và tạo ra suất điện động của pin.

b) *Pin Lơ-clan-sê* (Leclanché)

Pin Lơ-clan-sê là loại pin hiện nay còn đang được sử dụng khá phổ biến. Cực dương của pin là thanh than được bọc xung quanh bằng chất mangan điôxit (MnO_2) có trộn thêm than chì để khử bọt khí hiđrô bám vào cực than và tăng độ dẫn điện. Dung dịch chất điện phân là amôni clorua (NH_4Cl) được trộn với một loại hồ đặc và được đóng trong hộp kẽm dùng làm vỏ pin và vỏ kẽm này đồng thời là cực âm của pin (Hình 7.8).



Hình 7.8

Do tác dụng hoá học, thanh than và vỏ kẽm được tích điện khác nhau và giữa chúng có một hiệu điện thế. Hiệu điện thế này vào khoảng 1,5 V và đó cũng là giá trị của suất điện động của pin.

Mangan điôxit là chất ôxi hoá mạnh, tác dụng với khí hiđrô xuất hiện ở cực than khi pin hoạt động, nhờ đó hạn chế sự tăng nhanh điện trở trong của pin.

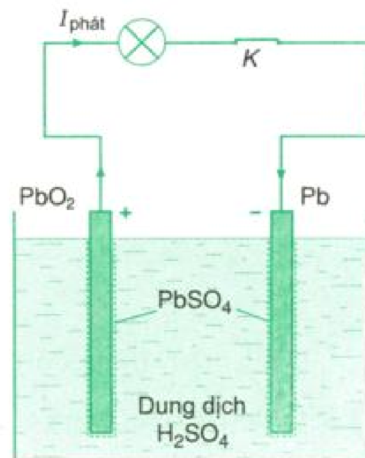
Trong thời gian pin phát điện, vỏ kẽm mòn dần, mangan điôxit và dung dịch amôni clorua bị biến đổi thành chất khác, lượng nước tạo thành trong pin tăng dần. Điện trở trong của pin tăng lên đáng kể, nên cường độ dòng điện mà pin sinh ra trong mạch điện kín giảm đáng kể, tới mức pin không dùng được nữa.

2. Acquy

a) *Acquy chì*

Acquy chì gồm bản cực dương bằng chì điôxit (PbO_2) và bản cực âm bằng chì (Pb) (Hình 7.9). Chất điện phân là dung dịch axit sunfuric (H_2SO_4) loãng.

Do tác dụng với dung dịch điện phân, hai bản cực của acquy được tích điện khác nhau và hoạt động giống như một pin điện hoá. Suất điện động của acquy axit vào khoảng 2 V.

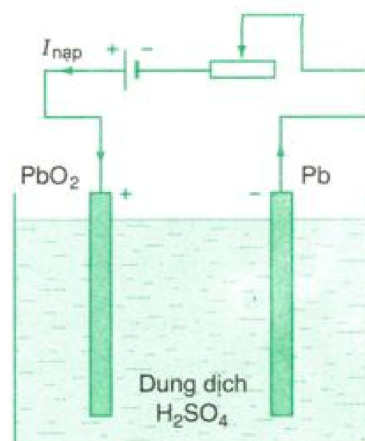


Hình 7.9

Khi cho acquy phát điện, do tác dụng hoá học, các bản cực của acquy bị biến đổi. Bản cực dương có lõi là chì điôxit nhưng được phủ một lớp chì sunfat. Bản cực âm có lõi là chì cũng được phủ một lớp chì sunfat.

Sau một thời gian sử dụng, hai bản cực của acquy có lõi vẫn khác nhau nhưng có lớp vỏ ngoài giống nhau, đều là chì sunfat. Do đó suất điện động của acquy giảm dần. Khi suất điện động này giảm xuống tới 1,85 V thì người ta phải nạp điện cho acquy để tiếp tục sử dụng.

Khi nạp điện cho acquy, người ta dùng một nguồn điện khác để tạo ra dòng điện một chiều đi vào bản cực dương (PbO_2) và đi khỏi cực âm của nó (Pb) (Hình 7.10). Khi đó, lớp chì sunfat ở hai bản cực mất dần, bản cực dương của acquy biến đổi trở lại thành PbO_2 và bản cực âm của nó trở lại thành Pb. Khi quá trình biến đổi này kết thúc, acquy lại có khả năng phát điện như trước.



Hình 7.10

Như vậy, acquy là nguồn điện có thể nạp lại để sử dụng nhiều lần dựa trên phản ứng hoá học thuận nghịch : nó tích trữ năng lượng dưới dạng hoá năng khi nạp và giải phóng năng lượng ấy dưới dạng điện năng khi phát điện.

b) *Acquy kiềm*

Một loại acquy kiềm được dùng phổ biến là acquy cađimi – kền. Nó có cực dương được làm bằng kền hiđrôxit $Ni(OH)_2$, còn cực âm được làm bằng cađimi hiđrôxit $Cd(OH)_2$; các cực này được ngâm trong dung dịch kiềm KOH hoặc NaOH. Acquy này có suất điện động là 1,25 V. Acquy kiềm có suất điện động và hiệu suất nhỏ hơn so với acquy axit, nhưng nhẹ hơn, thời gian sử dụng lâu hơn và đặc biệt là chịu được dòng điện có cường độ lớn (ví dụ như khi khởi động xe máy, ô tô...).

- **Dòng điện là dòng các điện tích (các hạt tải điện) dịch chuyển có hướng. Chiều quy ước của dòng điện là chiều dịch chuyển có hướng của các điện tích dương.**
- **Cường độ dòng điện được xác định bằng thương số của điện lượng Δq dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong khoảng thời gian Δt và khoảng thời gian đó.**

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

- **Dòng điện không đổi là dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian. Cường độ của dòng điện không đổi được tính bằng công thức : $I = \frac{q}{t}$.**
- **Các lực lạ bên trong nguồn điện có tác dụng làm cho hai cực của nguồn điện được tích điện khác nhau và do đó duy trì hiệu điện thế giữa hai cực của nó.**
- **Suất điện động của nguồn điện đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện và được đo bằng công của lực lạ khi dịch chuyển một đơn vị điện tích dương ngược chiều điện trường bên trong nguồn điện.**

$$\mathscr{E} = \frac{A}{q}$$

- **Điện trở của nguồn điện được gọi là điện trở trong của nó.**
- **Cấu tạo chung của các pin điện hoá là gồm hai cực có bản chất hoá học khác nhau, được ngâm trong chất điện phân (dung dịch axit, bazơ hoặc muối...). Do tác dụng hoá học, các cực của pin điện hoá được tích điện khác nhau và giữa chúng có một hiệu điện thế bằng giá trị của suất điện động của pin. Khi đó năng lượng hoá học chuyển thành điện năng dự trữ trong nguồn điện.**
- **Acquy là nguồn điện hoá học hoạt động dựa trên phản ứng hoá học thuận nghịch : nó tích trữ năng lượng lúc nạp điện và giải phóng năng lượng này khi phát điện.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Khi có dòng điện chạy qua vật dẫn thì các hạt mang điện tham gia vào chuyển động có hướng dưới tác dụng của lực nào ?
2. Bằng những cách nào để biết có dòng điện chạy qua một vật dẫn ?
3. Cường độ dòng điện được xác định bằng công thức nào ?
4. Bằng cách nào mà các nguồn điện duy trì sự tích điện khác nhau ở hai cực của nguồn điện và do đó duy trì hiệu điện thế giữa hai cực của nó ?

5. Đại lượng nào đặc trưng cho khả năng thực hiện công của lực lạ bên trong nguồn điện ? Đại lượng này được xác định như thế nào ?

▼

6. Cường độ dòng điện được đo bằng dụng cụ nào sau đây ?

A. Lực kế. B. Công tơ điện.

C. Nhiệt kế. D. Ampe kế.

7. Đo cường độ dòng điện bằng đơn vị nào sau đây ?

A. Niutơn (N). B. Ampe (A).

C. Jun (J). D. Oát (W).

8. Chọn câu đúng.
Pin điện hoá có

A. hai cực là hai vật dẫn cùng chất.

B. hai cực là hai vật dẫn khác chất.

C. một cực là vật dẫn và cực kia là vật cách điện.

D. hai cực đều là các vật cách điện.

9. Hai cực của pin điện hoá được ngâm trong chất điện phân là dung dịch nào sau đây ?

A. Chỉ là dung dịch muối.

B. Chỉ là dung dịch axit.

C. Chỉ là dung dịch bazơ.

D. Một trong các dung dịch kể trên.

10. Trong các pin điện hoá có sự chuyển hoá từ năng lượng nào sau đây thành điện năng ?

A. Nhiệt năng. B. Thế năng đàn hồi.

C. Hoá năng. D. Cơ năng.

11. Suất điện động được đo bằng đơn vị nào sau đây ?

A. Culông (C). B. Vôn (V).

C. Héc (Hz). D. Ampe (A).

12. Tại sao có thể nói acquy là một pin điện hoá ? Acquy hoạt động như thế nào để có thể sử dụng được nhiều lần ?

13. Một điện lượng 6,0 mC dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong khoảng thời gian 2,0 s. Tính cường độ dòng điện chạy qua dây dẫn này.

14. Trong khoảng thời gian đóng công tắc để chạy một tủ lạnh thì cường độ dòng điện trung bình đo được là 6 A. Khoảng thời gian đóng công tắc là 0,50 s. Tính điện lượng dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn nối với động cơ của tủ lạnh.

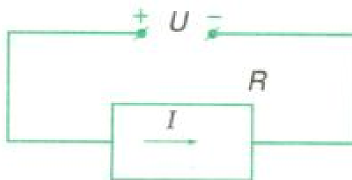
15. Suất điện động của một pin là 1,5 V. Tính công của lực lạ khi dịch chuyển điện tích +2 C từ cực âm tới cực dương bên trong nguồn điện.

8 ĐIỆN NĂNG
CÔNG SUẤT ĐIỆN

Ở THCS, ta đã biết về điện năng mà đoạn mạch tiêu thụ khi có dòng điện chạy qua và công suất tiêu thụ điện năng của đoạn mạch đó. Trong bài này, ta sẽ tìm hiểu quá trình thực hiện công khi có dòng điện chạy qua, tìm hiểu mối liên hệ giữa công của nguồn điện và điện năng tiêu thụ trong mạch điện kín.

I - ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN

1. Điện năng tiêu thụ của đoạn mạch



Hình 8.1

Khi đặt một hiệu điện thế U vào hai đầu đoạn mạch tiêu thụ điện năng, các điện tích tự do có trong đoạn mạch chịu tác dụng của lực điện. Sự chuyển dời có hướng của các điện tích này tạo thành dòng điện chạy qua đoạn mạch và khi đó lực điện thực hiện công. Nếu dòng điện có cường độ I thì sau một thời gian t sẽ có một điện lượng $q = It$ di chuyển trong đoạn mạch (Hình 8.1) và khi đó lực điện thực hiện một công là :

$$A = Uq = UIt \qquad (8.1)$$

C1

C1 Hãy cho biết đơn vị của các đại lượng có mặt trong công thức (8.1).

Dòng điện chạy qua đoạn mạch gây ra các tác dụng khác nhau và khi đó có sự chuyển hoá từ năng lượng điện thành các dạng năng lượng khác. C2

C2 Hãy nêu các tác dụng mà dòng điện có thể gây ra.

Vì vậy, *lượng điện năng mà một đoạn mạch tiêu thụ khi có dòng điện chạy qua để chuyển hoá thành các dạng năng lượng khác được đo bằng công của lực điện thực hiện khi dịch chuyển có hướng các điện tích.*

C3

C3 Dụng cụ gì được dùng để đo điện năng tiêu thụ ? Mỗi số đo của dụng cụ đó có giá trị là bao nhiêu jun (J) ?

2. Công suất điện

Công suất điện của một đoạn mạch là công suất tiêu thụ điện năng của đoạn mạch đó và có trị số bằng điện năng mà đoạn mạch tiêu thụ trong một đơn vị thời gian, hoặc bằng tích của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch đó.

$$\mathscr{P} = \frac{A}{t} = UI \quad (8.2)$$

C4

C4 Hãy cho biết đơn vị của các đại lượng có mặt trong công thức (8.2).

II - CÔNG SUẤT TOẢ NHIỆT CỦA VẬT DẪN KHI CÓ DÒNG ĐIỆN CHẠY QUA

1. Định luật Jun – Len-xơ

Như đã biết ở THCS, nếu đoạn mạch (hoặc vật dẫn) chỉ có điện trở R (với $R = \rho\frac{l}{S}$) thì điện năng mà đoạn mạch tiêu thụ được biến đổi hoàn toàn thành nhiệt năng. Kết quả là đoạn mạch nóng lên và toả nhiệt ra môi trường xung quanh. Từ công thức (8.1), suy ra công thức tính nhiệt lượng Q toả ra ở đoạn mạch chỉ có điện trở khi có dòng điện chạy qua và như đã biết ở THCS, mối quan hệ này được Jun – Len-xơ phát biểu thành định luật :

Nhiệt lượng toả ra ở một vật dẫn tỉ lệ thuận với điện trở của vật dẫn, với bình phương cường độ dòng điện và với thời gian dòng điện chạy qua vật dẫn đó.

$$Q = RI^2t \quad (8.3)$$

C5 Hãy chứng tỏ rằng, công suất toả nhiệt ở vật dẫn khi có dòng điện chạy qua được tính bằng công thức :

$$\mathscr{P} = \frac{Q}{t} = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

và hãy cho biết đơn vị đo của các đại lượng có mặt trong công thức trên.

2. Công suất toả nhiệt của vật dẫn khi có dòng điện chạy qua

Công suất toả nhiệt $\mathscr{P}$ ở vật dẫn khi có dòng điện chạy qua đặc trưng cho tốc độ toả nhiệt của vật dẫn đó và được xác định bằng nhiệt lượng toả ra ở vật dẫn trong một đơn vị thời gian.

$$\mathscr{P} = \frac{Q}{t} = RI^2 \quad (8.4)$$

C5

III - CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN

1. Công của nguồn điện

Ở bài 7, ta đã biết các lực lạ bên trong nguồn điện thực hiện công làm dịch chuyển các điện tích để tạo ra sự tích điện khác nhau ở hai cực của nguồn điện. Kết quả là giữa hai cực có một hiệu điện thế và một dạng năng lượng nào đó (chẳng hạn như năng lượng hoá học trong các pin điện hoá) được biến đổi thành điện năng dự trữ bên trong nguồn điện. Khi tạo thành mạch điện kín, nguồn điện thực hiện công khi di chuyển các điện tích tự do trong toàn mạch để tạo thành dòng điện. Khi đó, điện năng được chuyển hoá thành các dạng năng lượng khác.

Theo định luật bảo toàn năng lượng, *điện năng tiêu thụ trong toàn mạch bằng công của các lực lạ bên trong nguồn điện.* Từ công thức (7.3), ta có công thức tính công A_{ng} của nguồn điện khi tạo thành dòng điện có cường độ I chạy trong toàn mạch sau một khoảng thời gian t là :

$$A_{ng} = q\mathscr{E} = \mathscr{E}It \quad (8.5)$$

2. Công suất của nguồn điện

Công suất $\mathscr{P}_{ng}$ của nguồn điện đặc trưng cho tốc độ thực hiện công của nguồn điện đó và được xác định bằng công của nguồn điện thực hiện trong một đơn vị thời gian. Công suất $\mathscr{P}_{ng}$ này cũng chính bằng công suất tiêu thụ điện năng của toàn mạch.

$$\mathscr{P}_{ng} = \frac{A_{ng}}{t} = \mathscr{E}I \quad (8.6)$$

❖ Điện năng tiêu thụ của một đoạn mạch bằng tích của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch với cường độ dòng điện và thời gian dòng điện chạy qua đoạn mạch đó.

$$A = UIt$$

❖ Công suất điện của một đoạn mạch bằng tích của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch đó.

$$\mathscr{P} = UI$$

- **Công suất toả nhiệt ở vật dẫn khi có dòng điện chạy qua được xác định bằng nhiệt lượng toả ra ở vật dẫn đó trong một đơn vị thời gian.**

$$\mathscr{P} = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

- **Công của nguồn điện bằng điện năng tiêu thụ trong toàn mạch.**

$$A_{ng} = \mathscr{E}It$$

- **Công suất của nguồn điện bằng công suất tiêu thụ điện năng của toàn mạch.**

$$\mathscr{P}_{ng} = \mathscr{E}I$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Điện năng mà một đoạn mạch tiêu thụ được đo bằng công do lực nào thực hiện ? Viết công thức tính điện năng tiêu thụ và công suất điện của một đoạn mạch khi có dòng điện chạy qua.

2. Hãy nêu tên một dụng cụ hay một thiết bị điện cho mỗi trường hợp dưới đây :

   a) Khi hoạt động, biến đổi điện năng thành nhiệt năng và năng lượng ánh sáng.

   b) Khi hoạt động, biến đổi toàn bộ điện năng thành nhiệt năng.

   c) Khi hoạt động, biến đổi điện năng thành cơ năng và nhiệt năng.

   d) Khi hoạt động, biến đổi điện năng thành năng lượng hoá học và nhiệt năng.

3. Công suất toả nhiệt của một đoạn mạch là gì và được tính bằng công thức nào ?

4. Công của nguồn điện có mối liên hệ gì với điện năng tiêu thụ trong mạch điện kín ? Viết công thức tính công và công suất của nguồn điện.

▼

5. Chọn câu đúng.

   Điện năng tiêu thụ được đo bằng

   A. vôn kế. B. công tơ điện.

   C. ampe kế. D. tĩnh điện kế.

6. Công suất điện được đo bằng đơn vị nào sau đây ?

   A. Jun (J). B. Oát (W).

   C. Niutơn (N). D. Culông (C).

7. Tính điện năng tiêu thụ và công suất điện khi dòng điện có cường độ 1 A chạy qua dây dẫn trong 1 giờ, biết hiệu điện thế giữa hai đầu dây dẫn này là 6 V.

8. Trên nhãn của một ấm điện có ghi 220 V – 1 000 W.

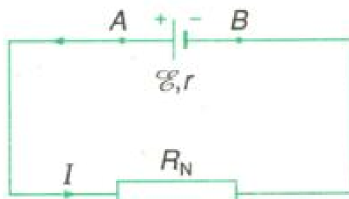
   a) Cho biết ý nghĩa các số ghi trên đây.

   b) Sử dụng ấm điện với hiệu điện thế 220 V để đun sôi 2 lít nước từ nhiệt độ 25°C. Tính thời gian đun nước, biết hiệu suất của ấm là 90% và nhiệt dung riêng của nước là 4 190 J/(kg.K).

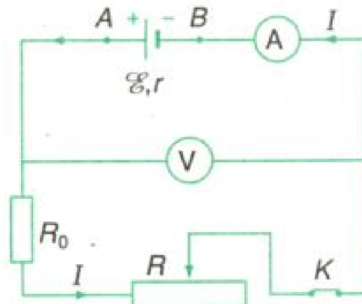
9. Một nguồn điện có suất điện động 12 V. Khi mắc nguồn điện này với một bóng đèn để thành mạch điện kín thì nó cung cấp một dòng điện có cường độ 0,8 A. Tính công của nguồn điện này sản ra trong thời gian 15 phút và tính công suất của nguồn điện khi đó.

9 ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI TOÀN MẠCH

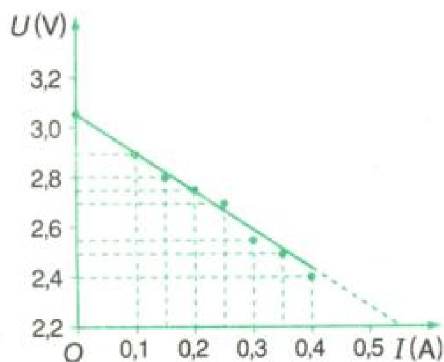
Như đã biết, khi pin Lơ-clan-sê (pin thường dùng) được sử dụng một thời gian dài thì điện trở trong của pin tăng lên đáng kể và dòng điện mà pin sinh ra trong mạch điện kín trở nên khá nhỏ. Vậy cường độ dòng điện chạy trong mạch điện kín có mối quan hệ như thế nào với điện trở trong của nguồn điện cũng như với các yếu tố khác của mạch điện ? Bài học này sẽ chỉ ra mối quan hệ đó.



Hình 9.1



Hình 9.2



Hình 9.3

Toàn mạch là mạch điện kín đơn giản nhất có sơ đồ như Hình 9.1, trong đó nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r, còn R_N là điện trở tương đương của mạch ngoài bao gồm các vật dẫn nối liền hai cực của nguồn điện. Định luật Ôm đối với toàn mạch biểu thị mối liên hệ giữa cường độ dòng điện I chạy trong mạch điện kín nói trên với suất điện động $\mathscr{E}$ của nguồn điện và với điện trở toàn phần $R_N + r$ của mạch điện kín này.

I - THÍ NGHIỆM

Mắc mạch điện như sơ đồ Hình 9.2, trong đó ampe kế (có điện trở rất nhỏ) đo cường độ I của dòng điện chạy trong mạch điện kín, vôn kế (có điện trở rất lớn) đo hiệu điện thế mạch ngoài U_N và biến trở cho phép thay đổi điện trở mạch ngoài. Thí nghiệm được tiến hành với mạch điện này cho các giá trị đo I và U_N như Bảng 9.1 và được thể hiện trên đồ thị Hình 9.3.

Bảng 9.1

I (A)	0	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
U (V)	3,05	2,90	2,80	2,75	2,70	2,55	2,50	2,40

II - ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI TOÀN MẠCH

Thí nghiệm trên đây và nhiều thí nghiệm khác cho kết quả tương tự. Từ đồ thị Hình 9.3, có thể viết hệ thức liên hệ giữa hiệu điện thế mạch ngoài U_N và cường độ dòng điện chạy qua mạch điện kín là :

$$U_N = U_0 - aI = \mathscr{E} - aI \quad (9.1)$$

trong đó, a là hệ số tỉ lệ dương và U_0 là giá trị lớn nhất của hiệu điện thế mạch ngoài và như đã nêu ở bài 7, nó đúng bằng suất điện động của nguồn điện. **C1**

Để tìm hiểu ý nghĩa của hệ số a trong hệ thức (9.1), ta hãy xét mạch điện kín có sơ đồ Hình 9.2. Áp dụng định luật Ôm cho mạch ngoài chỉ chứa điện trở tương đương R_N, ta có :

$$U_N = U_{AB} = IR_N \quad (9.2)$$

Tích của cường độ dòng điện và điện trở được gọi là độ giảm điện thế, do đó, tích IR_N còn được gọi là độ giảm điện thế mạch ngoài.

Từ các hệ thức (9.1) và (9.2), ta có :

$$\mathscr{E} = U_N + aI = I(R_N + a)$$

Điều này cho thấy a cũng có đơn vị của điện trở. Đối với toàn mạch, R_N là điện trở tương đương của mạch ngoài, nên a chính là điện trở trong r của nguồn điện. Do đó :

$$\boldsymbol{\mathscr{E} = I(R_N + r) = IR_N + Ir} \quad (9.3)$$

Như vậy, ***suất điện động của nguồn điện có giá trị bằng tổng các độ giảm điện thế ở mạch ngoài và mạch trong.***

Từ hệ thức (9.3), suy ra :

$$U_N = IR_N = \mathscr{E} - Ir \quad (9.4)$$

và

$$\boldsymbol{I = \frac{\mathscr{E}}{R_N + r}} \quad (9.5)$$

C2

C1 Trong thí nghiệm ở trên, mạch điện phải như thế nào để cường độ dòng điện $I = 0$ và tương ứng $U = U_0$?

Tại sao khi đó U_0 có giá trị lớn nhất và bằng suất điện động $\mathscr{E}$ của nguồn điện : $U_0 = \mathscr{E}$?

C2 Từ hệ thức (9.4), hãy cho biết trong những trường hợp nào thì hiệu điện thế U_{AB} giữa hai cực của nguồn điện bằng suất điện động $\mathscr{E}$ của nó ?

Tổng $R_N + r$ là tổng điện trở tương đương R_N của mạch ngoài và điện trở trong r của nguồn điện, được gọi là *điện trở toàn phần của mạch điện kín.*

Hệ thức (9.5) biểu thị định luật Ôm đối với toàn mạch và được phát biểu như sau :

Cường độ dòng điện chạy trong mạch điện kín tỉ lệ thuận với suất điện động của nguồn điện và tỉ lệ nghịch với điện trở toàn phần của mạch đó. C3

C3 Một pin có số ghi trên vỏ là 1,5 V và có điện trở trong là 1,0 Ω. Mắc một bóng đèn có điện trở R = 4,0 Ω vào hai cực của pin này để thành mạch điện kín. Tính cường độ dòng điện chạy qua đèn khi đó và hiệu điện thế giữa hai đầu của nó.

III - NHẬN XÉT

1. Hiện tượng đoản mạch

Từ hệ thức (9.5) ta thấy, cường độ dòng điện chạy trong mạch điện kín đạt giá trị lớn nhất khi điện trở R_N của mạch ngoài không đáng kể (R_N = 0), nghĩa là khi nối hai cực của nguồn điện bằng dây dẫn có điện trở rất nhỏ. Khi đó ta nói rằng *nguồn điện bị đoản mạch* và

$$I = \frac{\mathscr{E}}{r} \quad (9.6)$$

Pin Lơ-clan-sê có điện trở trong khá lớn (khoảng vài ôm) nên khi bị đoản mạch, dòng điện chạy qua pin không quá lớn, nhưng sẽ làm hỏng pin nếu để đoản mạch trong thời gian dài.

Acquy chì có điện trở trong khá nhỏ, vào khoảng vài phần trăm ôm, nên khi bị đoản mạch lâu, dòng điện chạy qua acquy cỡ hàng trăm ampe sẽ làm hỏng acquy. Chẳng hạn acquy của xe máy hay ô tô, bị đoản mạch khi khởi động hoặc khi bóp còi. Do đó, để sử dụng acquy bền lâu thì chỉ được ấn công tắc khởi động hoặc bóp còi mỗi lần trong khoảng vài giây và không quá hai, ba lần. C4

C4 Hãy cho biết vì sao sẽ rất nguy hiểm nếu hiện tượng đoản mạch xảy ra đối với mạng điện ở gia đình. Biện pháp nào được sử dụng để tránh không xảy ra hiện tượng này ?

2. Định luật Ôm đối với toàn mạch và định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng

Theo công thức (8.5), công của nguồn điện sản ra trong mạch điện kín khi dòng điện không đổi có cường độ I chạy qua trong thời gian t là :

$$A = \mathscr{E}It \quad (9.7)$$

Trong thời gian đó, theo định luật Jun – Len-xơ, nhiệt lượng toả ra ở mạch ngoài và mạch trong là :

$$Q = (R_N + r)I^2t \quad (9.8)$$

Theo định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng thì $A = Q$, do đó, từ các công thức (9.7) và (9.8), suy ra các hệ thức (9.3) và (9.5) biểu thị định luật Ôm đối với toàn mạch đã thu được ở trên :

$$\mathscr{E} = I(R_N + r) \text{ và } I = \frac{\mathscr{E}}{R_N + r}$$

Như vậy, định luật Ôm đối với toàn mạch hoàn toàn phù hợp với định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng.

3. Hiệu suất của nguồn điện

Các hệ thức (9.7) và (9.8) cho thấy rằng, công của nguồn điện bằng tổng điện năng tiêu thụ ở mạch ngoài và ở mạch trong, trong đó điện năng tiêu thụ ở mạch ngoài là điện năng tiêu thụ có ích. Từ đó, ta có công thức tính hiệu suất H của nguồn điện là :

$$H = \frac{A_{\text{có ích}}}{A} = \frac{U_N It}{\mathscr{E}It} = \frac{U_N}{\mathscr{E}} \quad (9.9)$$

C5

C5 Từ công thức (9.9), hãy chứng tỏ rằng, trong trường hợp mạch ngoài chỉ gồm điện trở R_N thì hiệu suất của nguồn điện có điện trở trong r được tính bằng công thức :

$$H = \frac{R_N}{R_N + r}$$

❖ **Định luật Ôm đối với toàn mạch :**

Cường độ dòng điện chạy trong mạch điện kín tỉ lệ thuận với suất điện động của nguồn điện và tỉ lệ nghịch với điện trở toàn phần của mạch đó.

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_N + r}$$

- Tích của cường độ dòng điện chạy qua một đoạn mạch và điện trở của nó được gọi là độ giảm điện thế trên đoạn mạch đó. Suất điện động của nguồn điện có giá trị bằng tổng các độ giảm điện thế ở mạch ngoài và mạch trong.

$$\mathscr{E} = IR_N + Ir$$

- Hiện tượng đoản mạch xảy ra khi nối hai cực của một nguồn điện chỉ bằng dây dẫn có điện trở rất nhỏ. Khi đoản mạch, dòng điện chạy qua mạch có cường độ lớn và có hại.
- Định luật Ôm đối với toàn mạch hoàn toàn phù hợp với định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Định luật Ôm đối với toàn mạch đề cập tới loại mạch điện kín nào ? Phát biểu định luật và viết hệ thức biểu thị định luật đó.

2. Độ giảm điện thế trên một đoạn mạch là gì ? Phát biểu mối quan hệ giữa suất điện động của nguồn điện và các độ giảm điện thế của các đoạn mạch trong mạch điện kín.

3. Hiện tượng đoản mạch xảy ra khi nào và có thể gây ra những tác hại gì ? Có cách nào để tránh được hiện tượng này ?

4. Trong mạch điện kín, hiệu điện thế mạch ngoài U_N phụ thuộc như thế nào vào điện trở R_N của mạch ngoài ?

   A. U_N tăng khi R_N tăng.

   B. U_N tăng khi R_N giảm.

   C. U_N không phụ thuộc vào R_N.

   D. U_N lúc đầu giảm, sau đó tăng dần khi R_N tăng dần từ 0 tới vô cùng.

5. Mắc một điện trở 14 Ω vào hai cực của một nguồn điện có điện trở trong là 1 Ω thì hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn là 8,4 V.

   a) Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch và suất điện động của nguồn điện.

   b) Tính công suất mạch ngoài và công suất của nguồn điện khi đó.

6. Điện trở trong của một acquy là 0,06 Ω và trên vỏ của nó có ghi 12 V. Mắc vào hai cực của acquy này một bóng đèn có ghi 12 V – 5 W.

   a) Hãy chứng tỏ rằng bóng đèn khi đó gần như sáng bình thường và tính công suất tiêu thụ điện thực tế của bóng đèn khi đó.

   b) Tính hiệu suất của nguồn điện trong trường hợp này.

7. Nguồn điện có suất điện động là 3 V và có điện trở trong là 2 Ω. Mắc song song hai bóng đèn như nhau có cùng điện trở là 6 Ω vào hai cực của nguồn điện này.

   a) Tính công suất tiêu thụ điện của mỗi bóng đèn.

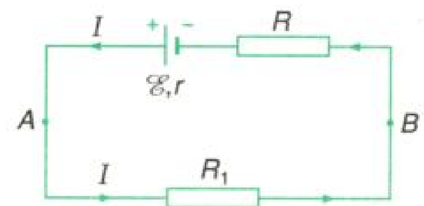
   b) Nếu tháo bỏ một bóng đèn thì bóng đèn còn lại sáng mạnh hơn hay yếu hơn so với trước đó ?

10 GHÉP CÁC NGUỒN ĐIỆN THÀNH BỘ

Khi giải các bài tập về bộ nguồn điện, ta thường gặp các đoạn mạch chứa nguồn điện. Vì vậy, trước khi học về bộ nguồn điện, ta hãy tìm hiểu mối quan hệ giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện trong đoạn mạch chứa nguồn điện.

I - ĐOẠN MẠCH CHỨA NGUỒN ĐIỆN (NGUỒN PHÁT ĐIỆN)

Đoạn mạch $A\mathscr{E}rRB$ chứa nguồn điện là một phần của mạch điện kín đơn giản (Hình 10.1) đã học ở bài 9. Ở bài đó, ta đã có hệ thức liên hệ giữa suất điện động $\mathscr{E}$ với cường độ dòng điện I và các điện trở r, R, R_1 đối với mạch điện kín này. **C1**



Hình 10.1

C1 Hãy viết hệ thức liên hệ giữa suất điện động $\mathscr{E}$ với cường độ dòng điện I và các điện trở r, R, R_1 của mạch điện kín.

Có thể hình dung mạch điện kín này gồm hai đoạn mạch như Hình 10.2a,b.

Đối với đoạn mạch Hình 10.2b chỉ chứa điện trở, định luật Ôm đã học ở THCS cho ta hệ thức liên hệ giữa hiệu điện thế U_{AB}, cường độ dòng điện I và điện trở R_1. **C2**

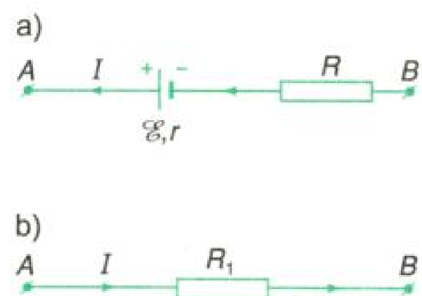
Đối với *đoạn mạch có chứa nguồn điện (nguồn phát) dòng điện có chiều đi ra từ cực dương và đi tới cực âm* (Hình 10.2a). Tương tự hệ thức (9.4) ở bài trước, ta có hệ thức liên hệ giữa hiệu điện thế U_{AB}, cường độ dòng điện I và các điện trở r, R :

$$U_{AB} = \mathscr{E} - I(r + R) \qquad (10.1)$$

hay

$$I = \frac{\mathscr{E} - U_{AB}}{r + R} = \frac{\mathscr{E} - U_{AB}}{R_{AB}} \qquad (10.2)$$

trong đó $R_{AB} = r + R$ là điện trở tổng cộng của đoạn mạch này. Các hệ thức (10.1) và (10.2) biểu thị các mối quan hệ giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện đối với đoạn mạch có chứa nguồn phát.



Hình 10.2

C2 Hãy viết hệ thức liên hệ giữa hiệu điện thế U_{AB}, cường độ dòng điện I và điện trở R_1 đối với đoạn mạch Hình 10.2b.

Cần lưu ý chiều tính hiệu điện thế U_{AB} là từ A tới B : Nếu đi theo chiều này mà *gặp cực dương của nguồn điện trước thì suất điện động $\mathscr{E}$ được lấy với giá trị dương, dòng điện có chiều từ B tới A ngược với chiều tính hiệu điện thế thì tổng độ giảm điện thế I(r + R) được lấy với giá trị âm.* **C3**

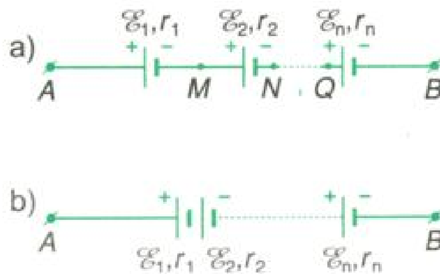
C3 Hãy viết hệ thức tính U_{BA} đối với đoạn mạch Hình 10.2a và tính hiệu điện thế này khi cho biết $\mathscr{E} = 6$ V ; $I = 0,5$ A ; $r = 0,3\ \Omega$ và $R = 5,7\ \Omega$.

II - GHÉP CÁC NGUỒN ĐIỆN THÀNH BỘ

Có thể ghép các nguồn điện thành bộ (bộ nguồn điện) theo một trong các cách dưới đây.

1. Bộ nguồn nối tiếp

Bộ nguồn nối tiếp là bộ nguồn gồm các nguồn điện ($\mathscr{E}_1$, r_1), ($\mathscr{E}_2$, r_2),..., ($\mathscr{E}_n$, r_n) được ghép nối tiếp với nhau, trong đó cực âm của nguồn điện trước được nối bằng dây dẫn với cực dương của nguồn điện tiếp sau để thành một dãy liên tiếp như sơ đồ Hình 10.3a hoặc 10.3b. Như vậy, đầu A là cực dương và đầu B là cực âm của bộ nguồn.



Hình 10.3

Vì hiệu điện thế giữa hai cực A, B của bộ nguồn khi mạch hở có trị số bằng suất điện động của nó và áp dụng mối quan hệ giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện đối với đoạn mạch chứa các nguồn điện, ta thu được công thức tính suất điện động $\mathscr{E}_b$ của bộ nguồn ghép nối tiếp như sau :

Ta có $U_{AB} = U_{AM} + U_{MN} + ... + U_{QB}$, do đó :

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 + ... + \mathscr{E}_n \qquad (10.3)$$

Suất điện động của bộ nguồn ghép nối tiếp bằng tổng các suất điện động của các nguồn có trong bộ.

Điện trở trong r_b của bộ nguồn điện ghép nối tiếp bằng tổng các điện trở trong của các nguồn có trong bộ.

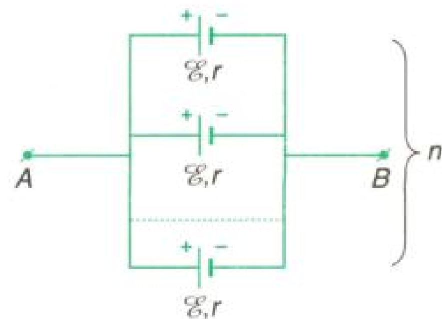
$$r_b = r_1 + r_2 + ... + r_n \quad (10.4)$$

Trong trường hợp riêng, nếu n nguồn điện có cùng suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r được ghép nối tiếp thì bộ nguồn này có suất điện động và điện trở trong là :

$$\mathscr{E}_b = n\mathscr{E} \quad \text{và} \quad r_b = nr \quad (10.5)$$

2. Bộ nguồn song song

Bộ nguồn song song là bộ nguồn gồm n nguồn điện *giống nhau* được ghép song song với nhau, trong đó nối cực dương của các nguồn vào cùng một điểm A và nối cực âm của các nguồn vào cùng điểm B như sơ đồ Hình 10.4. Điện thế của điểm A lớn hơn điện thế của điểm B nên A là cực dương và B là cực âm của bộ nguồn.



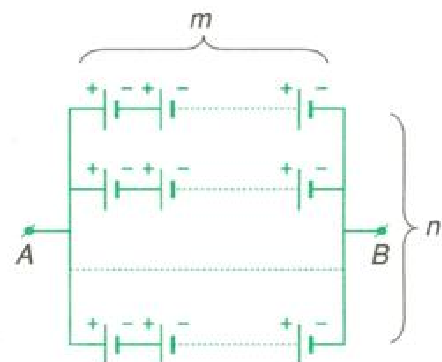
Hình 10.4

Khi mạch ngoài hở, hiệu điện thế U_{AB} bằng suất điện động của mỗi nguồn và bằng suất điện động của bộ nguồn, còn điện trở trong của bộ nguồn là điện trở tương đương của n điện trở r mắc song song. Do đó :

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E} \,;\, r_b = \frac{r}{n} \quad (10.6)$$

3. Bộ nguồn hỗn hợp đối xứng

Bộ nguồn hỗn hợp đối xứng là bộ nguồn gồm n dãy ghép song song với nhau, mỗi dãy gồm m nguồn điện giống nhau ghép nối tiếp như sơ đồ Hình 10.5. Từ công thức (10.5) và (10.6), ta có công thức tính suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn ghép hỗn hợp đối xứng các nguồn giống nhau có cùng suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r là :



Hình 10.5

$$\mathscr{E}_b = m\mathscr{E} \,;\, r_b = \frac{mr}{n} \quad (10.7)$$

- **Đối với đoạn mạch có chứa nguồn điện (nguồn phát), dòng điện có chiều đi ra từ cực dương và đi tới cực âm. Hiệu điện thế U_{AB} giữa hai đầu A và B của đoạn mạch, trong đó đầu A nối với cực dương của nguồn điện : $U_{AB} = \mathscr{E} - I(r + R)$.**
- **Suất điện động của bộ nguồn nối tiếp bằng tổng các suất điện động của các nguồn điện có trong bộ :**

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 + ... + \mathscr{E}_n$$

Điện trở trong r_b của bộ nguồn nối tiếp bằng tổng các điện trở trong của các nguồn có trong bộ :

$$r_b = r_1 + r_2 + ... + r_n$$

- **Ghép song song n nguồn điện có cùng suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r tạo thành bộ nguồn song song có suất điện động $\mathscr{E}_b = \mathscr{E}$ và điện trở trong $r_b = \frac{r}{n}$.**

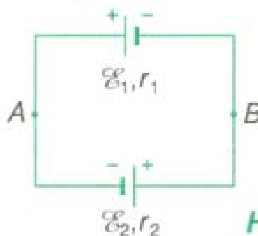
CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Dòng điện chạy qua đoạn mạch chứa nguồn điện có chiều như thế nào ?
2. Trình bày các mối quan hệ đối với đoạn mạch chứa nguồn điện.
3. Trình bày cách ghép các nguồn điện thành bộ nguồn nối tiếp và thành bộ nguồn song song. Trong từng trường hợp, hãy viết công thức tính suất điện động của bộ nguồn và điện trở trong của nó.



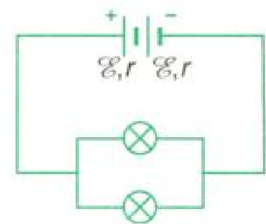
4. Một acquy có suất điện động và điện trở trong là $\mathscr{E} = 6$ V và $r = 0,6\ \Omega$. Sử dụng acquy này để thắp sáng bóng đèn có ghi 6 V – 3 W. Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch và hiệu điện thế giữa hai cực của acquy khi đó.
5. Hai nguồn điện có suất điện động và điện trở trong lần lượt là $\mathscr{E}_1 = 4,5$ V ; $r_1 = 3\ \Omega$; $\mathscr{E}_2 = 3$ V ; $r_2 = 2\ \Omega$.



Hình 10.6

Mắc hai nguồn điện thành mạch điện kín như sơ đồ Hình 10.6. Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch và hiệu điện thế U_{AB}.

6. Trong mạch điện có sơ đồ như Hình 10.7, hai pin có cùng suất điện động $\mathscr{E} = 1,5$ V và điện trở trong r = 1 Ω.



Hình 10.7

Hai bóng đèn giống nhau cùng có số ghi trên đèn là 3 V – 0,75 W. Cho rằng điện trở của các đèn không thay đổi theo nhiệt độ.

a) Các đèn có sáng bình thường không ? Vì sao ?

b) Tính hiệu suất của bộ nguồn.

c) Tính hiệu điện thế giữa hai cực của mỗi pin.

d) Nếu tháo bớt một đèn thì đèn còn lại có công suất tiêu thụ điện năng là bao nhiêu ?

11 PHƯƠNG PHÁP GIẢI MỘT SỐ BÀI TOÁN VỀ TOÀN MẠCH

I - NHỮNG LƯU Ý TRONG PHƯƠNG PHÁP GIẢI

1. Toàn mạch là mạch điện gồm một nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r, hoặc gồm nhiều nguồn điện được ghép thành bộ nguồn có suất điện động $\mathscr{E}_b$, điện trở trong r_b và mạch ngoài gồm các điện trở. Cần phải nhận dạng loại bộ nguồn và áp dụng công thức tương ứng để tính suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn.

2. Mạch ngoài của toàn mạch có thể là các điện trở hoặc các vật dẫn được coi như các điện trở (ví dụ như các bóng đèn với dây tóc nóng sáng) nối liền hai cực của nguồn điện. Cần phải nhận dạng và phân tích xem các điện trở này được mắc với nhau như thế nào (nối tiếp hay song song). Từ đó áp dụng định luật Ôm đối với từng loại đoạn mạch tương ứng cũng như tính điện trở tương đương của mỗi đoạn mạch và của mạch ngoài.

C1 ; **C2**

3. Áp dụng định luật Ôm đối với toàn mạch để tính cường độ dòng điện mạch chính, suất điện động của nguồn điện hay của bộ nguồn, hiệu điện thế mạch ngoài, công và công suất của nguồn điện, điện năng tiêu thụ của một đoạn mạch,... mà đề bài yêu cầu.

4. Các công thức cần sử dụng :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_N + r} \;;\; \mathscr{E} = I(R_N + r) \;;\; U = IR_N = \mathscr{E} - Ir \;;$$

$$A_{ng} = \mathscr{E}It \;;\; \mathscr{P}_{ng} = \mathscr{E}I \;;\; A = UIt \;;\; \mathscr{P} = UI.$$

C1 a) Hãy cho biết cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch gồm các điện trở mắc nối tiếp có đặc điểm gì.

b) Viết công thức tính điện trở tương đương của đoạn mạch gồm các điện trở R_1, R_2 và R_3 mắc nối tiếp.

c) Hiệu điện thế U_1, U_2 và U_3 giữa hai đầu các điện trở R_1, R_2 và R_3 mắc nối tiếp có mối quan hệ như thế nào ?

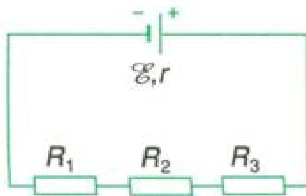
C2 a) Hãy cho biết hiệu điện thế giữa hai đầu các điện trở R_1, R_2 và R_3 mắc song song có đặc điểm gì.

b) Cường độ dòng điện I chạy qua mạch chính và I_1, I_2, I_3 chạy qua các mạch rẽ của một đoạn mạch gồm các điện trở R_1, R_2, R_3 mắc song song có mối quan hệ như thế nào ?

c) Viết công thức tính điện trở tương đương của đoạn mạch gồm các điện trở R_1, R_2 và R_3 mắc song song.

II - BÀI TẬP VÍ DỤ

Bài tập 1



Hình 11.1

Một mạch điện có sơ đồ như Hình 11.1, trong đó nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E} = 6$ V và có điện trở trong $r = 2\ \Omega$, các điện trở $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ và $R_3 = 3\ \Omega$.

a) Tính điện trở R_N của mạch ngoài.

b) Tính cường độ dòng điện I chạy qua nguồn điện và hiệu điện thế mạch ngoài U.

c) Tính hiệu điện thế U_1 giữa hai đầu điện trở R_1.

C3 Hãy phân tích và cho biết các điện trở mạch ngoài của mạch điện có sơ đồ như Hình 11.1 được mắc với nhau như thế nào. Từ đó nêu cách tính điện trở tương đương của mạch ngoài này.

Hướng dẫn giải

a) **C3**

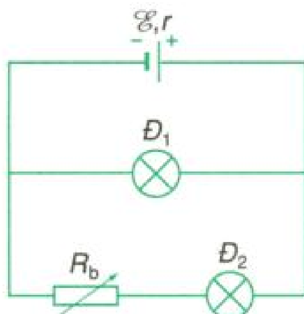
Điện trở mạch ngoài là $R_N = 18\ \Omega$.

b) Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch, tính được dòng điện mạch chính chạy qua nguồn điện là $I = 0,3$ A.

Từ đó tính được hiệu điện thế mạch ngoài là $U = 5,4$ V.

c) Áp dụng định luật Ôm, tính được là $U_1 = 1,5$ V.

Bài tập 2



Hình 11.2

Một mạch điện có sơ đồ như Hình 11.2, trong đó nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E} = 12,5$ V và có điện trở trong $r = 0,4\ \Omega$; bóng đèn $Đ_1$ có ghi số 12 V – 6 W ; bóng đèn $Đ_2$ loại 6 V – 4,5 W ; R_b là một biến trở.

a) Chứng tỏ rằng khi điều chỉnh biến trở R_b có trị số là 8 Ω thì các đèn $Đ_1$ và $Đ_2$ sáng bình thường.

b) Tính công suất $\mathscr{P}_{ng}$ và hiệu suất H của nguồn điện khi đó.

C4 Nhận dạng các đèn $Đ_1$, $Đ_2$ và biến trở R_b được mắc với nhau như thế nào ở mạch ngoài của mạch điện kín đã cho.

Hướng dẫn giải

a) **C4**

Để các đèn sáng bình thường thì hiệu điện thế mạch ngoài phải là $U = 12$ V. Áp dụng định luật Ôm, ta tìm được dòng điện chạy qua nguồn điện có cường độ $I = 1,25$ A.

C5 ; **C6**

Từ đó suy ra dòng điện chạy qua mỗi đèn có cường độ đúng bằng cường độ định mức $I_1 = 0,5$ A ; $I_2 = 0,75$ A. Vậy các đèn sáng bình thường.

b) **C7**

Công suất của nguồn điện khi đó là $\mathscr{P}_{ng} = 15,625$ W.

Hiệu suất là $H = 0,96 = 96\%$.

Bài tập 3

Có tám nguồn điện cùng loại với cùng suất điện động $\mathscr{E} = 1,5$ V và điện trở trong $r = 1\ \Omega$. Mắc các nguồn này thành bộ nguồn hỗn hợp đối xứng gồm hai dãy song song để thắp sáng bóng đèn loại 6 V – 6 W. Coi rằng bóng đèn có điện trở như khi sáng bình thường.

a) Vẽ sơ đồ mạch điện kín gồm bộ nguồn và bóng đèn mạch ngoài.

b) Tính cường độ I của dòng điện thực sự chạy qua bóng đèn và công suất điện $\mathscr{P}$ của bóng đèn khi đó.

c) Tính công suất $\mathscr{P}_b$ của bộ nguồn, công suất $\mathscr{P}_i$ của mỗi nguồn trong bộ nguồn và hiệu điện thế U_i giữa hai cực của mỗi nguồn đó.

Hướng dẫn giải

a) Vẽ sơ đồ mạch điện như đề bài yêu cầu.

b) **C8**

Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch, ta tính được : $I = 0,75$ A ; $\mathscr{P} = 3,375$ W.

c) **C9**

Áp dụng các công thức phù hợp, tính được :

$$\mathscr{P}_b = 4,5 \text{ W} ;$$

$$\mathscr{P}_i = 0,5625 \text{ W} ; U_i = 1,125 \text{ V}.$$

C5 Tính cường độ định mức I_1, I_2 của dòng điện chạy qua mỗi đèn khi các đèn sáng bình thường.

C6 Tính điện trở R_1 và R_2 tương ứng của các đèn khi sáng bình thường.

C7 Viết công thức tính công suất $\mathscr{P}_{ng}$ và hiệu suất H của nguồn điện.

C8 Tính suất điện động $\mathscr{E}_b$ và r_b của bộ nguồn như đề bài đã cho.

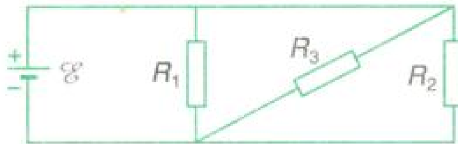
C9 Viết các công thức tính $\mathscr{P}_b$, $\mathscr{P}_i$ và U_i theo như đề bài đã nêu.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Cho mạch điện có sơ đồ như Hình 11.3, trong đó nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E} = 6$ V và có điện trở trong không đáng kể. Các điện trở $R_1 = R_2 = 30\ \Omega$; $R_3 = 7{,}5\ \Omega$.

   a) Tính điện trở tương đương R_N của mạch ngoài.

   b) Tính cường độ dòng điện chạy qua mỗi điện trở mạch ngoài.



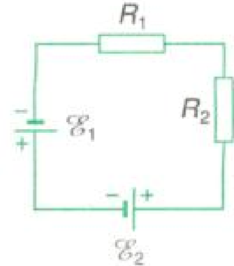
Hình 11.3

2. Cho mạch điện có sơ đồ như Hình 11.4, trong đó các acquy có suất điện động $\mathscr{E}_1 = 12$ V ; $\mathscr{E}_2 = 6$ V và có điện trở trong không đáng kể. Các điện trở $R_1 = 4\ \Omega$; $R_2 = 8\ \Omega$.

   a) Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch.

   b) Tính công suất tiêu thụ điện của mỗi điện trở.

   c) Tính công suất của mỗi acquy và năng lượng mà mỗi acquy cung cấp trong 5 phút.

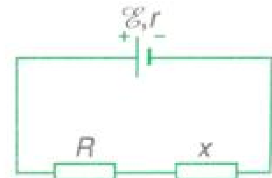


Hình 11.4

3*. Cho mạch điện có sơ đồ như Hình 11.5, trong đó nguồn điện có suất điện động $\mathscr{E} = 12$ V và điện trở trong $r = 1{,}1\ \Omega$; điện trở $R = 0{,}1\ \Omega$.

   a) Điện trở x phải có trị số là bao nhiêu để công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là lớn nhất ?

   b) Điện trở x phải có trị số là bao nhiêu để công suất tiêu thụ ở điện trở này là lớn nhất ? Tính công suất lớn nhất đó.



Hình 11.5

12 Thực hành : XÁC ĐỊNH SUẤT ĐIỆN ĐỘNG VÀ ĐIỆN TRỞ TRONG CỦA MỘT PIN ĐIỆN HOÁ

Pin điện hoá luôn có điện trở trong r khác 0. Khi có dòng điện I chạy qua pin thì hiệu điện thế U giữa hai cực của pin này bao giờ cũng nhỏ hơn suất điện động $\mathscr{E}$ của pin. Hơn nữa, nếu cường độ dòng điện I lớn thì pin điện hoá sẽ bị phân cực mạnh (do chất khử cực tác dụng không kịp) nên điện trở trong r của pin sẽ tăng. Khi đó, hiệu điện thế U giữa hai cực của pin điện hoá càng nhỏ so với suất điện động $\mathscr{E}$ của pin, đồng thời giá trị của cường độ dòng điện I chạy qua pin không ổn định. Vậy ta phải lựa chọn phương pháp và các dụng cụ đo như thế nào để có thể xác định được giá trị của suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r của pin điện hoá ?

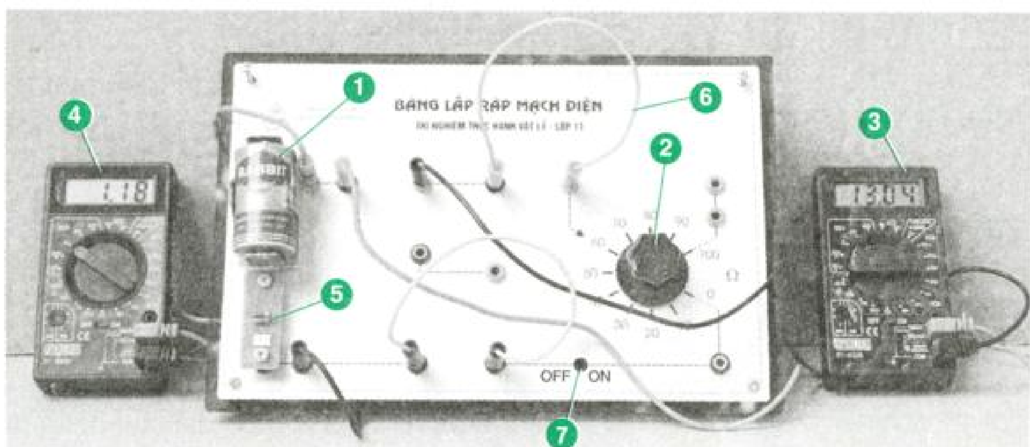
I - MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

1. Áp dụng hệ thức hiệu điện thế của đoạn mạch chứa nguồn điện và định luật Ôm đối với toàn mạch để xác định suất điện động và điện trở trong của một pin điện hoá.

2. Sử dụng các đồng hồ đo điện đa năng hiện số (Digital Multimeter) để đo hiệu điện thế và cường độ dòng điện trong các mạch điện.

II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Bộ thiết bị thí nghiệm "Xác định suất điện động và điện trở trong của một pin điện hoá" được bố trí như Hình 12.1.



Hình 12.1

1. Pin điện hoá (loại pin "Con thỏ").

2. Biến trở núm xoay R (loại $10\ \Omega \times 10$).

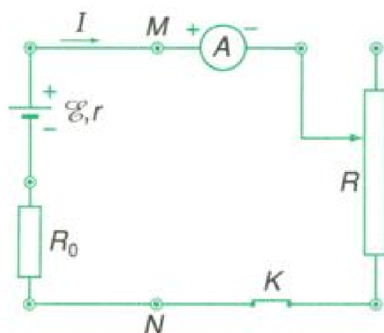
3. Đồng hồ đo điện đa năng hiện số (DT-830B) dùng làm chức năng miliampe kế một chiều A.

4. Đồng hồ đo điện đa năng hiện số (DT-830B) dùng làm chức năng vôn kế một chiều V.

5. Điện trở bảo vệ R_0.

6. Bộ dây dẫn nối mạch điện có hai đầu phích cắm.

7. Khoá đóng – ngắt điện K.



Hình 12.2

C1 Hãy nói rõ chức năng hoạt động của miliampe kế A, biến trở R, và điện trở bảo vệ R_0 mắc trong mạch điện trên Hình 12.2.

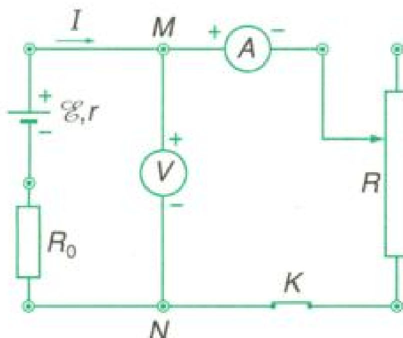
III - CƠ SỞ LÍ THUYẾT

Xét mạch điện kín gồm một pin điện hoá có suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r mắc nối tiếp với điện trở bảo vệ R_0, miliampe kế A và biến trở núm xoay R (Hình 12.2). **C1**

Áp dụng hệ thức (10.1) đối với hiệu điện thế của đoạn mạch MN chứa nguồn điện, ta có thể viết :

$$U_{MN} = U = \mathscr{E} - I(R_0 + r) \qquad (12.1)$$

Muốn xác định giá trị của suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r của nguồn điện, ta phải mắc vôn kế V vào hai đầu đoạn mạch MN để đo hiệu điện thế U (Hình 12.3). Nhưng nếu vôn kế V có điện trở không lớn, thì khi mắc nó vào hai đầu đoạn mạch MN, cường độ dòng điện I chạy trong đoạn mạch sẽ tăng lên và hiệu điện thế U sẽ bị giảm nhỏ so với giá trị cần đo. **C2**



Hình 12.3

C2 Tại sao khi mắc một vôn kế V có điện trở không lớn vào hai đầu đoạn mạch MN thì cường độ dòng điện I trong đoạn mạch lại tăng lên và hiệu điện thế U giữa hai đầu đoạn mạch này lại giảm nhỏ ?

Để khắc phục khó khăn trên, người ta dùng vôn kế hiện số V có điện trở trong lớn (cỡ mêgaôm) sao cho khi mắc nó vào hai đầu đoạn mạch MN, thì cường độ dòng điện I trong đoạn mạch không bị thay đổi (do cường độ dòng điện chạy qua vôn kế V có cường độ rất nhỏ, có thể bỏ qua). Như vậy, ta có thể mắc vôn kế hiện số V vào hai đầu của một đoạn mạch bất kì trong mạch kín mà không làm ảnh hưởng đến cường độ dòng điện và hiệu điện thế của đoạn mạch đó.

Hơn nữa, cần phải chọn giá trị thích hợp của điện trở R_0 để dòng điện chạy qua pin điện hoá có cường độ đủ nhỏ, sao cho chất ôxi hoá có thể khử kịp sự phân cực của pin. Khi đó, giá trị điện trở trong r hầu như không bị thay đổi.

Nếu thay hiệu điện thế $U = I(R + R_A)$ đối với đoạn mạch MN chứa các điện trở R của biến trở và R_A của miliampe kế A vào hệ thức (12.1), ta sẽ nhận được hệ thức của định luật Ôm đối với toàn mạch có dạng :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R + R_A + R_0 + r} \qquad (12.2)$$

IV - GIỚI THIỆU DỤNG CỤ ĐO

1. Đồng hồ đo điện đa năng hiện số

Đồng hồ đo điện đa năng hiện số DT-830B (Hình 12.4) là dụng cụ đo điện hiện đại, gồm 2000 điểm đo có thể hiển thị bằng 4 chữ số từ 0000 đến 1999 nhờ các tinh thể lỏng (LCD). Ở mặt sau, bên trong đồng hồ có một pin 9 V cấp điện cho đồng hồ hoạt động và một cầu chì bảo vệ 0,2 A.

Loại đồng hồ này có nhiều thang đo ứng với các chức năng khác nhau như : đo điện áp một chiều (DCV), đo điện áp xoay chiều (ACV), đo cường độ dòng điện một chiều (DCA), đo điện trở (Ω),...



Hình 12.4

2. Những điểm cần chú ý thực hiện

a) Khi sử dụng đồng hồ DT-830B, ta vặn núm xoay của nó đến vị trí tương ứng với chức năng và thang đo cần chọn. Sau đó nối các cực của đồng hồ vào mạch điện. Gạt núm bật – tắt (ON – OFF) sang vị trí "ON" để các chữ số hiển thị trên màn hình của nó.

b) Nếu chưa biết rõ giá trị giới hạn của đại lượng cần đo, ta phải chọn thang đo có giá trị lớn nhất phù hợp với chức năng đã chọn.

c) Không đo cường độ dòng điện và hiệu điện thế vượt quá giới hạn thang đo đã chọn.

d) Không chuyển đổi chức năng thang đo của đồng hồ khi đang có dòng điện chạy qua nó.

C3 Tại sao không được phép dùng nhầm thang đo cường độ dòng điện của đồng hồ đo điện đa năng hiện số để đo hiệu điện thế trong mạch điện ?

e) Không dùng nhầm thang đo cường độ dòng điện để đo hiệu điện thế. **C3**

f) Khi thực hiện xong các phép đo, phải gạt núm bật – tắt của đồng hồ về vị trí "OFF" để tắt điện trong đồng hồ.

g) Phải thay pin 9 V bên trong đồng hồ khi ở góc trên bên trái màn hình của nó hiển thị kí hiệu [+ −].

h) Phải tháo pin 9 V này ra khỏi đồng hồ nếu trong thời gian dài (khoảng vài tháng) không sử dụng nó.

V - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

1. Mắc pin điện hoá $\mathscr{E}$ vào mạch điện Hình 12.3, trong đó chọn điện trở $R_0 \approx 20\ \Omega$ để cường độ dòng điện chạy qua pin điện hoá không vượt quá 100 mA và chú ý đặt đúng :

– Khoá *K* ở vị trí ngắt điện (OFF) ;

– Biến trở *R* ở vị trí 100 Ω ;

– Miliampe kế hiện số *A* ở vị trí DCA 200m, cực dương (+) là lỗ cắm "VΩmA", cực âm (–) là lỗ cắm "COM" ;

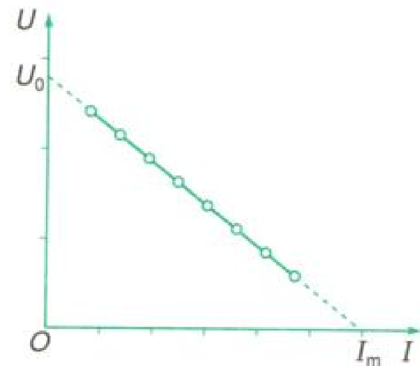
– Vôn kế hiện số *V* ở vị trí DCV 20, cực (+) là lỗ cắm "VΩmA", cực (–) là lỗ cắm "COM".

C4 Trong mạch điện Hình 12.3, nếu để biến trở *R* hở mạch, thì số chỉ của vôn kế *V* sẽ bằng bao nhiêu ? Số chỉ này có đúng bằng giá trị suất điện động $\mathscr{E}$ của pin điện hoá mắc trong mạch điện không ?

2. Gạt núm bật – tắt của miliampe kế *A* và của vôn kế *V* sang vị trí "ON". Đóng khoá *K*. Ghi giá trị ổn định của cường độ dòng điện *I* trên miliampe kế *A* và của hiệu điện thế *U* trên vôn kế *V* vào Bảng thực hành 12.1. **C4**

3. Thực hiện lại động tác (2) nêu trên ứng với mỗi giá trị điện trở của biến trở R, bằng cách vặn núm xoay của nó sang vị trí tiếp sau để giảm dần điện trở của biến trở R từ 100 Ω xuống tới 30 Ω, mỗi lần giảm 10 Ω.

4. Dùng vôn kế hiện số đặt ở vị trí thang đo DCV 2000m, lần lượt mắc song song với điện trở R_0 và R_A trong mạch điện Hình 12.2 để đo hiệu điện thế U' ở hai đầu mỗi điện trở ứng với cường độ dòng điện I chạy qua các điện trở. Từ đó suy ra giá trị của R_0 và R_A theo công thức : $R = \frac{U'}{I}$. Ghi các giá trị của R_0 và R_A vào Bảng thực hành 12.1.



Hình 12.5

5. Xác định giá trị suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r của pin điện hoá theo một trong hai phương án sau đây :

• Phương án thứ nhất

Căn cứ các giá trị tương ứng của I và U trong Bảng thực hành 12.1 :

a) Vẽ đồ thị $U = f(I)$ biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu điện thế U của đoạn mạch MN chứa nguồn điện vào cường độ dòng điện I trong đoạn mạch (Hình 12.5) để nghiệm lại hệ thức (12.1). **C5**

C5 Phải vẽ đường biểu diễn của đồ thị $U = f(I)$ như thế nào để phù hợp với phép tính giá trị trung bình (thống kê) đối với các giá trị I và U ghi được trong Bảng thực hành 12.1 ?

b) Xác định toạ độ U_0 và I_m của các điểm tại đó đường kéo dài của đồ thị $U = f(I)$ cắt trục tung và trục hoành :

$$I = 0 \Rightarrow U_0 = \mathscr{E} \qquad (12.3)$$

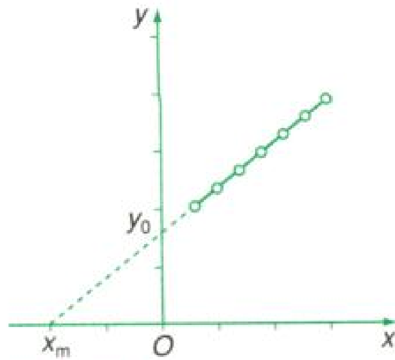
$$U = 0 \Rightarrow I_m = \frac{\mathscr{E}}{R_0 + r} \qquad (12.4)$$

Từ (12.3) và (12.4), suy ra giá trị suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r của pin điện hoá.

• **Phương án thứ hai**

Có thể viết hệ thức (12.2) dưới dạng :

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{\mathscr{E}}\,(R + R_A + R_0 + r)$$



Hình 12.6

hay $$y = \frac{1}{\mathscr{E}}(x + b) \quad (12.5)$$

với $$y = \frac{1}{I}\ ;\ x = R\ ;\ b = R_A + R_0 + r.$$

Căn cứ các giá trị tương ứng của R và I trong Bảng thực hành 12.1 :

a) Tính các giá trị tương ứng của y và x.

b) Vẽ đồ thị $y = f(x)$ biểu diễn gián tiếp sự phụ thuộc của cường độ dòng điện I trong mạch kín vào điện trở của biến trở R (Hình 12.6) để nghiệm lại định luật Ôm đối với toàn mạch theo hệ thức (12.2).

c) Xác định toạ độ y_0 và x_m của các điểm tại đó đường kéo dài của đồ thị $y = f(x)$ cắt trục tung và trục hoành :

$$y = 0 \Rightarrow x_m = -b \quad (12.6)$$

$$x = 0 \Rightarrow y_0 = \frac{b}{\mathscr{E}} \quad (12.7)$$

Từ (12.6) và (12.7), suy ra giá trị suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r của pin điện hoá.

BÁO CÁO THỰC HÀNH

Họ và tên ....Lớp ....Tổ ....

1. Tên bài thực hành :

....

2. Bảng thực hành 12.1

Giá trị : R_0 = ... (Ω) ; R_A = ... (Ω)			
$x = R$ (Ω)	I (10^{-3}A)	U (V)	$y = \frac{1}{I}$ (A^{-1})
100			
90			
80			
70			
60			
50			
40			
30			

• Phương án thứ nhất

a) Vẽ đồ thị $U = f(I)$ trên giấy kẻ ô vuông (khổ A4) với tỉ xích thích hợp, hoặc vẽ trên máy vi tính, trong Microsoft Excel.

b) Nhận xét và kết luận :

– Dạng của đồ thị $U = f(I)$ có giống với Hình 12.5 không.

– Hệ thức (12.1) đối với đoạn mạch chứa nguồn điện có được nghiệm đúng không.

c) Xác định toạ độ U_0 và I_m của các điểm tại đó đường kéo dài của đồ thị $U = f(I)$ cắt trục tung và trục hoành :

$I = 0 \Rightarrow U_0 = \mathscr{E} =$ .... (V)

$U = 0 \Rightarrow I_m = \dfrac{\mathscr{E}}{R_0 + r} =$ .... (A)

Từ đó suy ra : $\mathscr{E}$ = ... (V) ; r = ... (Ω)

• Phương án thứ hai

a) Tính các giá trị tương ứng của y và x trong Bảng thực hành 12.1.

b) Vẽ đồ thị $y = f(x)$ trên giấy kẻ ô vuông (khổ A4) với tỉ xích thích hợp, hoặc vẽ trên máy vi tính, trong Microsoft Excel.

c) Nhận xét và kết luận :

– Dạng của đồ thị $y = f(x)$ có giống với Hình 12.6 không.

– Định luật Ôm đối với toàn mạch (hệ thức (12.2)) có được nghiệm đúng không.

d) Xác định toạ độ x_m và y_0 của các điểm tại đó đường kéo dài của đồ thị $y = f(x)$ cắt trục tung và trục hoành :

$$y = 0 \Rightarrow x_m = -b = -(R_A + R_0 + r) = \dots\dots\dots\dots\dots \ (\Omega)$$

$$x = 0 \Rightarrow y_0 = \frac{b}{\mathscr{E}} = \dots\dots\dots\dots\dots \ (\Omega/V)$$

Từ đó suy ra : $\mathscr{E}$ = ... (V) ; r = ... (Ω)

CÂU HỎI



1. Vẽ mạch điện và mô tả phương pháp xác định suất điện động và điện trở trong của pin điện hoá theo phương án thứ nhất của thí nghiệm này.

2. Vẽ mạch điện và mô tả phương pháp xác định suất điện động và điện trở trong của pin điện hoá theo phương án thứ hai trong thí nghiệm này.

3. Muốn sử dụng đồng hồ đo điện đa năng hiện số làm chức năng miliampe kế hoặc vôn kế một chiều, ta phải làm như thế nào ?

   Nêu những điểm cần chú ý thực hiện khi sử dụng đồng hồ này.

4. Tại sao có thể mắc nối tiếp vôn kế với pin điện hoá thành mạch kín để đo hiệu điện thế U giữa hai cực của pin, nhưng không được mắc nối tiếp miliampe kế với pin này thành mạch kín để đo cường độ dòng điện chạy qua pin ?

5. Tại sao cần phải mắc thêm điện trở bảo vệ R_0 nối tiếp với pin điện hoá trong mạch điện ?

6. Với các dụng cụ thí nghiệm đã cho trong bài này, ta có thể tiến hành thí nghiệm theo những phương án nào khác nữa ?

Em có biết ?

CÁCH TÍNH SAI SỐ CỦA ĐỒNG HỒ ĐO ĐIỆN HIỆN SỐ

Nếu I_m là giá trị giới hạn của thang đo cường độ dòng điện thì *độ phân giải* của thang đo tính bằng :

$$\alpha = \frac{I_m}{2000} \text{ (A/digit)}$$

Giả sử ΔI_m là sai số tuyệt đối của I_m. Khi đó, sai số tỉ đối của I_m bằng :

$$\delta = \frac{\Delta I_m}{I_m}$$

và gọi là *cấp chính xác* của thang đo. Trường hợp này, sai số tuyệt đối của cường độ dòng điện I hiển thị trên đồng hồ đo điện đa năng hiện số được tính theo công thức :

$$\Delta I = \delta I + n\alpha$$

trong đó, cấp chính xác δ và số digit n được quy định bởi nhà chế tạo đối với mỗi thang đo (xem Bảng 12.1).

Ví dụ : Nếu chọn thang đo DCA 200 mA của đồng hồ hiện số DT-830B và đo được I = 26,0 mA, thì ta có :

$$\Delta I = 1{,}2\%.26{,}0 + 2.\frac{200}{2000} \approx 0{,}5 \text{ mA}$$

nghĩa là cường độ dòng điện I đo được nằm trong khoảng các giá trị :

$$(26{,}0 - 0{,}5) \text{ mA} < I < (26{,}0 + 0{,}5) \text{ mA}$$

hay $\quad I = (26{,}0 \pm 0{,}5)$ mA

Bảng 12.1

Các thông số kĩ thuật của đồng hồ DT-830B

Chức năng	Thang đo	δ (%)	n
DCV	200 mV	0,5	2
	2 000 mV		
	20 V		
	200 V		
	1 000 V	0,8	2
DCA	200 μA	1,0	2
	2 000 μA		
	20 mA		
	200 mA	1,2	2
	10 A	2,0	2

Tổng kết chương II DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

1. Dòng điện

- Cường độ dòng điện : $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$.
- Dòng điện không đổi là dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian :

$$I = \frac{q}{t} \; ; \; 1\,\text{A} = \frac{1\,\text{C}}{1\,\text{s}} = 1\,\text{C/s}$$

2. Nguồn điện

- Suất điện động của nguồn điện đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nó và được đo bằng công của lực lạ khi dịch chuyển một đơn vị điện tích dương ngược chiều điện trường bên trong nguồn điện.

$$\mathscr{E} = \frac{A}{q}$$

- Các pin điện hoá có cấu tạo chung gồm hai cực có bản chất hoá học khác nhau, được ngâm trong chất điện phân. Do tác dụng hoá học, các cực của pin điện hoá được tích điện khác nhau và giữa chúng có một hiệu điện thế.
- Acquy là nguồn điện hoá học hoạt động dựa trên phản ứng hoá học thuận nghịch.
- Công của nguồn điện : $A_{ng} = \mathscr{E}q = \mathscr{E}It$.
- Công suất của nguồn điện :

$$\mathscr{P}_{ng} = \frac{A_{ng}}{t} = \mathscr{E}I$$

3. Định luật ôm đối với toàn mạch

- Cường độ dòng điện chạy trong mạch :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_N + r}$$

- Suất điện động của nguồn điện bằng tổng các độ giảm điện thế ở mạch ngoài và mạch trong :

$$\mathscr{E} = IR_N + Ir$$

4. Ghép các nguồn điện thành bộ

- Bộ nguồn nối tiếp :

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 + ... + \mathscr{E}_n$$

$$r_b = r_1 + r_2 + ... + r_n$$

- Bộ nguồn song song :

Nếu n nguồn điện có cùng suất điện động $\mathscr{E}$ và điện trở trong r được mắc song song thì :

$$\mathscr{E}_b = \mathscr{E} \; ; \; r_b = \frac{r}{n}$$

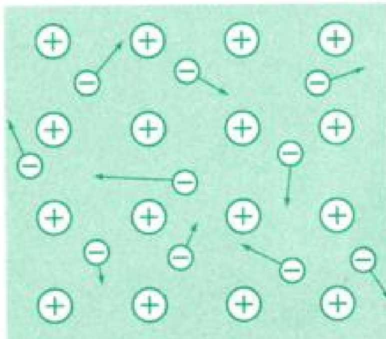


13 DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI

Trong các bài trước, ta đã nói dòng điện trong kim loại là dòng các êlectron chuyển động có hướng. Nhưng như tất cả các vật liệu khác, kim loại cũng do các nguyên tử liên kết với nhau tạo nên. Nguyên tử lại gồm hạt nhân tích điện dương và các êlectron mang điện âm quay xung quanh. Vậy các êlectron trong kim loại có đặc điểm gì và nó chi phối *tính chất của dòng điện trong kim loại* ra sao ? Đó chính là nội dung của bài học này.

I - BẢN CHẤT CỦA DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI

Bản chất của dòng điện trong kim loại được nêu rõ trong một lí thuyết tổng quát gọi là thuyết êlectron về tính dẫn điện của kim loại. Thuyết đó có nội dung như sau :



Hình 13.1
Mạng tinh thể tạo bởi các ion dương sắp xếp có trật tự và các êlectron tự do chuyển động hỗn loạn trong mạng.

1. Trong kim loại, các nguyên tử bị mất êlectron hoá trị trở thành các ion dương (Hình 13.1). Các ion dương liên kết với nhau một cách *trật tự* tạo nên mạng tinh thể kim loại. Chuyển động nhiệt của các ion (dao động của ion quanh vị trí cân bằng) có thể phá huỷ trật tự này. Nhiệt độ càng cao, dao động nhiệt càng mạnh, *mạng tinh thể càng trở nên mất trật tự.*

2. Các êlectron hoá trị tách khỏi nguyên tử, trở thành các êlectron tự do với mật độ n không đổi (n = hằng số). Chúng chuyển động hỗn loạn tạo thành *khí êlectron tự do* choán toàn bộ thể tích của khối kim loại và không sinh ra dòng điện nào.

3. Điện trường $\vec{E}$ do nguồn điện ngoài sinh ra, đẩy khí êlectron trôi ngược chiều điện trường, tạo ra dòng điện.

4. Sự mất trật tự của mạng tinh thể *cản trở* chuyển động của êlectron tự do, là nguyên nhân gây ra điện trở của kim loại. Các loại mất trật tự thường gặp là chuyển động nhiệt (dao động nhiệt) của các ion trong mạng tinh thể, sự méo mạng tinh thể do biến dạng cơ học và các nguyên tử lạ lẫn trong kim loại. Điện trở của kim loại rất nhạy cảm với các yếu tố trên.

Thuyết êlectron về tính dẫn điện của kim loại cho thấy *hạt tải điện trong kim loại là êlectron tự do. Mật độ của chúng rất cao nên kim loại dẫn điện rất tốt* (Bảng 13.1). Nhiều tính chất khác của dòng điện trong kim loại cũng có thể suy ra từ thuyết này.

Vậy, ***dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron tự do dưới tác dụng của điện trường.***

Bảng 13.1

Chất	ρ_0 (Ω.m)	α (K^{-1})
Bạc	$1{,}62.10^{-8}$	$4{,}1.10^{-3}$
Platin	$10{,}6.10^{-8}$	$3{,}9.10^{-3}$
Đồng	$1{,}69.10^{-8}$	$4{,}3.10^{-3}$
Nhôm	$2{,}75.10^{-8}$	$4{,}4.10^{-3}$
Sắt	$9{,}68.10^{-8}$	$6{,}5.10^{-3}$
Silic	$0{,}25.10^{4}$	-70.10^{-3}
Vonfam	$5{,}25.10^{-8}$	$4{,}5.10^{-3}$

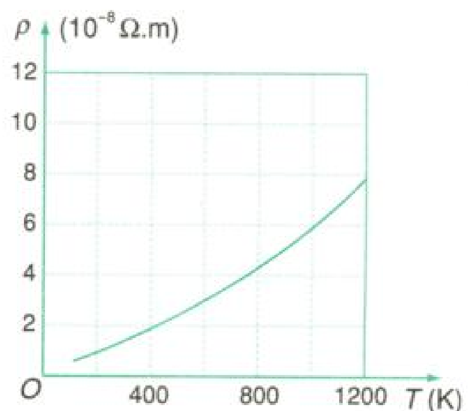
Trên bảng này có silic không phải kim loại. Điện trở suất của chúng lớn hơn điện trở suất của kim loại vài bậc.

II - SỰ PHỤ THUỘC CỦA ĐIỆN TRỞ SUẤT CỦA KIM LOẠI THEO NHIỆT ĐỘ

Khi nhiệt độ tăng, chuyển động nhiệt của các ion trong mạng tinh thể tăng, làm cho điện trở của kim loại tăng. Thí nghiệm chứng tỏ điện trở suất ρ của kim loại tăng theo nhiệt độ gần đúng theo hàm bậc nhất :

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (t - t_0)] \quad (13.1)$$

trong đó ρ_0 là điện trở suất ở t_0°C (thường lấy là 20°C) ; α là *hệ số nhiệt điện trở*, đơn vị đo là K^{-1}. Giá trị của ρ_0 và α của một số kim loại được ghi trên Bảng 13.1.



Hình 13.2
Sự biến thiên điện trở suất của đồng theo nhiệt độ

Tuy nhiên, nếu làm thí nghiệm một cách chính xác, ta thấy hệ số nhiệt điện trở của mỗi kim loại không những phụ thuộc vào nhiệt độ, mà vào cả độ sạch và chế độ gia công vật liệu đó. Ngày nay, hệ số nhiệt điện trở của bạch kim (platin) đã được nghiên cứu rất cẩn thận, vì người ta thường dùng dây bạch kim để làm nhiệt kế dùng trong công nghiệp. **C1**

C1 Vì sao người ta chọn dây bạch kim để làm nhiệt kế điện trở dùng trong công nghiệp ?

III - ĐIỆN TRỞ CỦA KIM LOẠI Ở NHIỆT ĐỘ THẤP VÀ HIỆN TƯỢNG SIÊU DẪN

Khi nhiệt độ càng giảm, mạng tinh thể càng bớt mất trật tự nên sự cản trở của nó đến chuyển động của êlectron càng ít, điện trở suất của kim loại *giảm liên tục*. Đến gần 0 K, điện trở của các kim loại sạch đều rất bé. Đồ thị biểu diễn điện trở suất của đồng theo nhiệt độ được vẽ trên Hình 13.2.

Ở một số kim loại như Hg, Pb..., hoặc một số hợp kim như Nb_3Sn, Nb_3Ge..., và cả một số gốm ôxit kim loại như $DyBa_2Cu_3O_7$, khi nhiệt độ thấp hơn một nhiệt độ tới hạn T_c thì điện trở suất *đột ngột giảm xuống bằng 0*. Nhiệt độ tới hạn của một số chất được ghi trên Bảng 13.2. Nhiều tính chất khác như từ tính, nhiệt dung cũng thay đổi đột ngột ở nhiệt độ này. Ta nói rằng các vật liệu ấy đã *chuyển sang trạng thái siêu dẫn*. Ngày nay các cuộn dây siêu dẫn được dùng để tạo ra các từ trường rất mạnh mà các nam châm điện thường không thể tạo ra được. Cho dòng điện chạy qua các cuộn dây kim loại siêu dẫn rồi bỏ nguồn điện đi, dòng điện vẫn tiếp tục chạy trong nhiều năm mà không yếu đi. Trong tương lai, người ta dự kiến có thể dùng dây siêu dẫn để tải điện, và tổn hao năng lượng trên đường dây không còn nữa. **C2**

Bảng 13.2

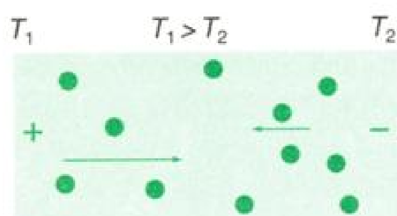
Nhiệt độ tới hạn của một số chất siêu dẫn

Tên vật liệu	T_c (K)
Nhôm	1,19
Thuỷ ngân	4,15
Chì	7,19
Thiếc	3,72
Kẽm	0,85
Nb_3Sn	18
Nb_3Al	18,7
Nb_3Ge	23
$DyBa_2Cu_3O_7$	92,5
$HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$	134

C2 Vì sao dòng điện chạy trong cuộn dây siêu dẫn không có nguồn điện lại có thể duy trì lâu dài ? Có thể dùng dòng điện ấy làm cho động cơ chạy mãi được không ?

IV - HIỆN TƯỢNG NHIỆT ĐIỆN

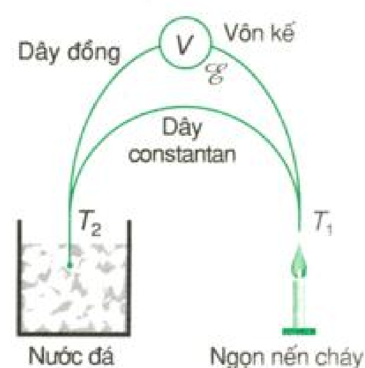
Thuyết êlectron về tính dẫn điện của kim loại còn cho thấy, nếu sợi dây kim loại có một đầu nóng và một đầu lạnh, thì chuyển động nhiệt của êlectron sẽ làm cho một phần êlectron tự do ở đầu nóng dồn về đầu lạnh. Đầu nóng sẽ tích điện dương, đầu lạnh tích điện âm (Hình 13.3).



Hình 13.3

Êlectron khuếch tán từ đầu nóng qua đầu lạnh làm đầu nóng tích điện dương.

Giữa đầu nóng và đầu lạnh có một hiệu điện thế nào đấy. Nếu lấy hai dây kim loại khác loại nhau và hàn hai đầu với nhau, một mối hàn giữ ở nhiệt độ cao, một mối hàn ở nhiệt độ thấp, thì hiệu điện thế giữa đầu nóng và đầu lạnh của từng dây không giống nhau, khiến trong mạch có một suất điện động $\mathscr{E}$ (Hình 13.4). *$\mathscr{E}$ gọi là suất điện động nhiệt điện, và bộ hai dây dẫn hàn hai đầu vào nhau gọi là cặp nhiệt điện.*



Hình 13.4

Cặp nhiệt điện đồng – constantan :

– Nhiệt độ ngọn nến cháy T_1 ;

– Nhiệt độ nước đá đang tan T_2 = 273 K (tức 0^oC).

Thí nghiệm chứng tỏ rằng $\mathscr{E} = \alpha_T (T_1 - T_2)$, trong đó $T_1 - T_2$ là hiệu nhiệt độ ở đầu nóng và đầu lạnh ; α_T là hệ số nhiệt điện động, phụ thuộc vào bản chất của hai loại vật liệu dùng làm cặp nhiệt điện, đơn vị đo là $V.K^{-1}$. Suất điện động nhiệt điện tuy nhỏ nhưng rất ổn định theo thời gian và điều kiện thí nghiệm, nên *cặp nhiệt điện được dùng phổ biến để đo nhiệt độ*. Ba loại cặp nhiệt điện thường dùng là :

Cặp platin – platin pha rôđi có $\alpha_T \approx 6,5\ \mu V/K$

Cặp crômen – alumen có $\alpha_T \approx 41\ \mu V/K$

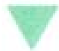
Cặp đồng – constantan có $\alpha_T \approx 40\ \mu V/K$.

- **Hạt tải điện trong kim loại là êlectron tự do. Mật độ của chúng rất cao nên kim loại dẫn điện tốt.**
- **Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron tự do dưới tác dụng của điện trường.**
- **Chuyển động nhiệt của mạng tinh thể cản trở chuyển động của hạt tải điện làm cho điện trở của kim loại phụ thuộc nhiệt độ. Đến gần 0 K, điện trở của kim loại rất nhỏ.**
- **Vật liệu siêu dẫn có điện trở đột ngột giảm đến bằng 0 khi nhiệt độ $T \leq T_c$.**
- **Cặp nhiệt điện là hai dây kim loại khác bản chất, hai đầu hàn vào nhau. Khi nhiệt độ hai mối hàn T_1, T_2 khác nhau, trong mạch có suất điện động nhiệt điện $\mathscr{E} = \alpha_T(T_1 - T_2)$, α_T là hệ số nhiệt điện động.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Hạt tải điện trong kim loại là loại êlectron nào ? Mật độ của chúng vào cỡ nào ?
2. Vì sao điện trở của kim loại tăng khi nhiệt độ tăng ?
3. Điện trở của kim loại thường và siêu dẫn khác nhau thế nào ?
4. Do đâu mà trong cặp nhiệt điện có suất điện động ?



Ở bài tập 5 và 6 dưới đây, phát biểu nào là chính xác ?

5. Các kim loại đều

A. dẫn điện tốt, có điện trở suất không thay đổi.

B. dẫn điện tốt, có điện trở suất thay đổi theo nhiệt độ.

C. dẫn điện tốt như nhau, có điện trở suất thay đổi theo nhiệt độ.

D. dẫn điện tốt, có điện trở suất thay đổi theo nhiệt độ giống nhau.

6. Hạt tải điện trong kim loại là

A. các êlectron của nguyên tử.

B. êlectron ở lớp trong cùng của nguyên tử.

C. các êlectron hoá trị đã bay tự do ra khỏi tinh thể.

D. các êlectron hoá trị chuyển động tự do trong mạng tinh thể.

7. Một bóng đèn 220 V – 100 W khi sáng bình thường thì nhiệt độ của dây tóc đèn là 2 000°C. Xác định điện trở của đèn khi thắp sáng và khi không thắp sáng, biết rằng nhiệt độ môi trường là 20°C và dây tóc đèn làm bằng vonfam.
8. Khối lượng mol nguyên tử của đồng là 64.10^{-3} kg/mol. Khối lượng riêng của đồng là $8,9.10^3$ kg/m^3. Biết rằng mỗi nguyên tử đồng đóng góp một êlectron dẫn.

a) Tính mật độ êlectron tự do trong đồng.

b) Một dây tải điện bằng đồng, tiết diện 10 mm^2, mang dòng điện 10 A. Tính tốc độ trôi của êlectron dẫn trong dây dẫn đó.

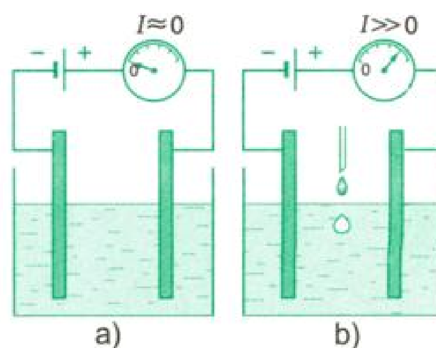
9. Để mắc đường dây tải điện từ địa điểm *A* đến địa điểm *B*, ta cần 1 000 kg dây đồng. Muốn thay dây đồng bằng dây nhôm mà vẫn đảm bảo chất lượng truyền điện, ít nhất phải dùng bao nhiêu kilôgam dây nhôm ? Cho biết khối lượng riêng của đồng là 8 900 kg/m^3, của nhôm là 2 700 kg/m^3.

14 DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN

Những năm gần đây, nhôm ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp như công nghiệp điện, điện tử, công nghiệp hàng không, công nghiệp xây dựng, công nghiệp chế tạo đồ gia dụng,... Để sản xuất nhôm cần có nguồn điện năng dồi dào. Quy trình luyện nhôm dựa trên hiện tượng nào mà đòi hỏi nhiều điện như vậy ?

I - THUYẾT ĐIỆN LI

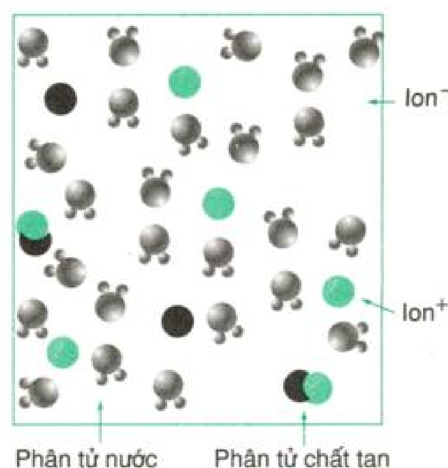
Cho nước tinh khiết (nước cất hai lần) vào một cốc có hai điện cực bằng kim loại rồi nối với một bộ pin, ta thấy dòng điện chạy qua rất nhỏ (Hình 14.1a). Điều đó chứng tỏ trong nước tinh khiết có rất ít hạt tải điện. Cho thêm vào trong nước một lượng nhỏ axit, hoặc bazơ, hoặc muối thì dòng điện tăng mạnh (Hình 14.1b), chứng tỏ mật độ hạt tải điện trong đó tăng lên. Sự tăng số hạt tải điện trong các dung dịch như thế có thể giải thích dựa trên một lí thuyết gọi là *thuyết điện li* :



Hình 14.1
Khi trong cốc là nước tinh khiết, dòng điện rất nhỏ. Cho thêm axit vào nước, dòng điện tăng mạnh.

Trong dung dịch, các hợp chất hoá học như axit, bazơ và muối bị phân li (một phần hoặc toàn bộ) thành các nguyên tử (hoặc nhóm nguyên tử) tích điện gọi là ion (Hình 14.2) ***; ion có thể chuyển động tự do trong dung dịch và trở thành hạt tải điện.***

- Axit phân li thành ion âm (gốc axit)$^-$ và ion dương H^+.
- Bazơ phân li thành ion âm $(OH)^-$ và ion dương (kim loại)$^+$.
- Muối phân li thành ion âm (gốc axit)$^-$ và ion dương (kim loại)$^+$.
- Một số bazơ như nước amôniac $(NH_4)OH$ hoặc muối như phân đạm amôni clorua $(NH_4)Cl$ không chứa ion kim loại. Trong dung dịch, chúng cũng bị phân li thành các ion $(OH)^-$, Cl^- và $(NH_4)^+$.



Hình 14.2
Mô hình dung dịch điện phân

Mỗi ion mang một số nguyên điện tích nguyên tố. Khi ion là một nguyên tử tích điện, số điện tích nguyên tố của ion là hoá trị của nguyên tố ấy.

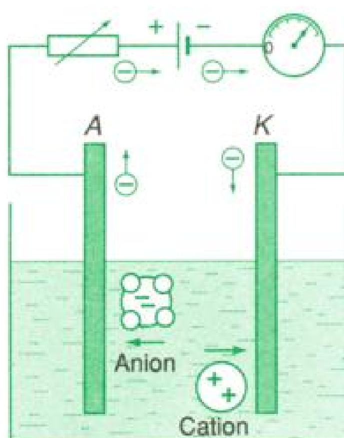
Các *ion dương và âm vốn đã tồn tại sẵn trong các phân tử axit, bazơ và muối. Chúng liên kết chặt với nhau bằng lực hút Cu-lông.* Khi tan vào nước hoặc một dung môi khác, *lực hút Cu-lông yếu đi, liên kết trở nên lỏng lẻo. Một số phân tử bị chuyển động nhiệt tách thành các ion tự do.*

Chuyển động nhiệt mạnh trong các muối hoặc bazơ nóng chảy cũng làm các phân tử chất này phân li thành các ion tự do như các dung dịch.

Ta gọi chung những dung dịch và chất nóng chảy như trên là *chất điện phân.*

II - BẢN CHẤT DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN

Lấy một bình đựng chất điện phân (ví dụ dung dịch $CuSO_4$) và cắm vào đó hai điện cực dẫn điện (ví dụ bằng kim loại đồng) như Hình 14.3. Ta được một bình điện phân. Nối hai điện cực với một nguồn điện (ví dụ pin hoặc acquy) qua một điện trở bảo vệ và một ampe kế. Điện cực nối với cực dương của nguồn điện gọi là anôt, điện cực kia gọi là catôt. Trong mạch có dòng điện chạy qua.



Hình 14.3
Khi dòng điện chạy qua bình điện phân, ion âm (anion) đi về phía anôt, ion dương (cation) đi về phía catôt.

Dòng điện trong lòng chất điện phân là dòng ion dương và ion âm chuyển động có hướng theo hai chiều ngược nhau.

Ion dương chạy về phía catôt nên gọi là cation. Ion âm chạy về phía anôt nên gọi là anion.

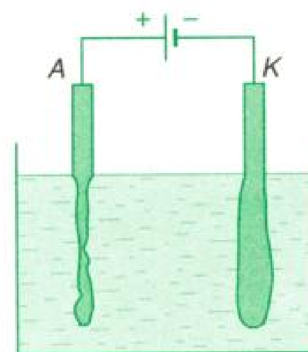
Mật độ các ion trong chất điện phân thường nhỏ hơn mật độ êlectron tự do trong kim loại. Khối lượng và kích thước của ion lớn hơn khối lượng và kích thước của êlectron nên tốc độ của chuyển động có hướng của chúng nhỏ hơn. Môi trường dung dịch lại rất mất trật tự nên cản trở mạnh chuyển động của các ion. Vì thế, *chất điện phân không dẫn điện tốt bằng kim loại.*

Dòng điện trong chất điện phân *không chỉ tải điện lượng mà còn tải cả vật chất (theo nghĩa hẹp) đi theo*. Tới điện cực chỉ có êlectron có thể đi tiếp, còn lượng vật chất đọng lại ở điện cực, *gây ra hiện tượng điện phân*. Tuỳ bản chất hoá học của chất làm điện cực, mà quá trình trao đổi điện tích giữa ion và điện cực sẽ kèm theo những phản ứng hoá học phụ, làm cho hiện tượng điện phân trở nên phức tạp thêm. **C1**

C1 Để nhận biết môi trường dẫn điện có phải là chất điện phân hay không, ta có thể làm cách nào ?

III - CÁC HIỆN TƯỢNG DIỄN RA Ở ĐIỆN CỰC. HIỆN TƯỢNG DƯƠNG CỰC TAN

Ta xét chi tiết những gì xảy ra ở điện cực của bình điện phân đã vẽ trên Hình 14.4. Bình điện phân này thuộc loại đơn giản nhất, vì chất tan là muối của kim loại dùng làm điện cực (trường hợp này là đồng).



Hình 14.4
Bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ với điện cực bằng đồng. Khi có dòng điện chạy qua, nguyên tử đồng ở anôt biến thành ion Cu^{2+} và tan vào dung dịch. Ion Cu^{2+} ở gần catôt nhận êlectron của catôt, biến thành nguyên tử đồng và bám vào cực này.

Khi có dòng điện chạy qua, cation Cu^{2+} chạy về catôt, và nhận êlectron từ nguồn điện đi tới. Ta có :



$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

Đồng hình thành ở catôt sẽ bám vào cực này.

Ở anôt, êlectron bị kéo về cực dương của nguồn điện, tạo điều kiện hình thành ion Cu^{2+} trên bề mặt tiếp xúc với dung dịch :



$$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$$

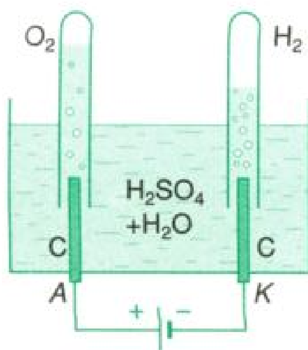
Khi anion $(SO_4)^{2-}$ chạy về anôt, nó kéo ion Cu^{2+} vào dung dịch. Như vậy, đồng ở anôt sẽ tan dần vào trong dung dịch. Đó là *hiện tượng dương cực tan*.

Các hiện tượng diễn ra ở anôt và catôt trong bình điện phân này là cùng một phản ứng cân bằng nhưng xảy ra theo hai chiều ngược nhau :



$$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cu$$

Nếu phản ứng diễn ra theo chiều này thu năng lượng, thì phản ứng diễn ra theo chiều ngược lại toả năng lượng, nên tổng cộng lại điện năng không bị tiêu hao trong các quá trình phân tích các chất mà chỉ bị tiêu hao vì toả nhiệt. Bình điện phân không khác gì một điện trở.



Hình 14.5

Bình điện phân dung dịch H_2SO_4 với điện cực bằng graphit. Lúc đầu, trong hai ống nghiệm úp ngược chứa đầy dung dịch H_2SO_4. Khi có dòng điện chạy qua, ở anôt có O_2 bay lên, còn ở catôt có H_2 bay lên, đẩy cột dung dịch tụt xuống.

Tình hình sẽ khác hẳn khi ta xét dòng điện qua một bình điện phân được vẽ trên Hình 14.5. Chất điện phân là dung dịch H_2SO_4 và các điện cực làm bằng graphit (hoặc inôc). Phân tử H_2SO_4 bị phân li thành ion H^+ và ion $(SO_4)^{2-}$. Graphit (cacbon) dẫn điện nhưng không tạo thành ion có thể tan vào dung dịch khi điện phân, nên các phản ứng ở điện cực phức tạp hơn.

Khi có điện trường trong bình điện phân, ion H^+ bị đẩy về phía catôt, còn ion $(SO_4)^{2-}$ bị đẩy về phía anôt, gây ra mất cân bằng về nồng độ các ion ở gần điện cực.

Quanh catôt, các ion H^+ sẽ nhận êlectron ở catôt theo phản ứng :



$$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2\uparrow$$

và hiđrô bay ra ở catôt.

Quanh anôt, nước phân li thành H^+ và $(OH)^-$. Các ion $(OH)^-$ sẽ nhường êlectron cho anôt theo phản ứng :



$$4(OH)^- \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow + 4e^-$$

và ôxi bay ra ở anôt. Các ion $(SO_4)^{2-}$ không trao đổi điện tích với điện cực.

Kết quả là chỉ có nước bị phân tách thành hiđrô và ôxi. Hiđrô bay ra ở catôt, còn ôxi bay ra ở anôt.

Năng lượng W dùng để thực hiện việc phân tách lấy từ năng lượng của dòng điện, nên nó tỉ lệ với điện lượng chạy qua bình điện phân. Ta có thể viết : $W = \mathscr{E}_p It$, trong đó $\mathscr{E}_p$ gọi là *suất phản điện* của bình điện phân. Giá trị của nó phụ thuộc vào bản chất của điện cực và chất điện phân, và được đo bằng vôn. Trong bình điện phân dương cực tan thì suất phản điện bằng 0.

IV - CÁC ĐỊNH LUẬT FA-RA-ĐÂY

Vì dòng điện trong chất điện phân tải điện lượng cùng với vật chất (theo nghĩa hẹp) nên khối lượng chất đi đến điện cực :

- tỉ lệ thuận với điện lượng chạy qua bình điện phân ;

• tỉ lệ thuận với khối lượng của ion (hay khối lượng mol nguyên tử A của nguyên tố tạo nên ion ấy) ;

• tỉ lệ nghịch với điện tích của ion (hay hoá trị n của nguyên tố tạo ra ion ấy).

Fa-ra-đây đã tổng quát hoá các nhận xét trên, và mở rộng cho cả trường hợp các chất được giải phóng ở điện cực là do các phản ứng phụ sinh ra, thành hai định luật Fa-ra-đây. **C2**

C2 Vì sao các định luật Fa-ra-đây có thể áp dụng cả với các chất được giải phóng ở điện cực nhờ phản ứng phụ ?

• **Định luật Fa-ra-đây thứ nhất**

Khối lượng vật chất được giải phóng ở điện cực của bình điện phân tỉ lệ thuận với điện lượng chạy qua bình đó.

$$m = kq \quad (14.1)$$

trong đó k gọi là *đương lượng điện hoá* của chất được giải phóng ở điện cực.

• **Định luật Fa-ra-đây thứ hai**

Đương lượng điện hoá k của một nguyên tố tỉ lệ với đương lượng gam $\frac{A}{n}$ của nguyên tố đó. Hệ số tỉ lệ là $\frac{1}{F}$, trong đó F gọi là số Fa-ra-đây.

$$k = \frac{1}{F}\cdot\frac{A}{n} \quad (14.2)$$

Thí nghiệm cho thấy, nếu I tính bằng ampe, t tính bằng giây thì :

$$F = 96\,494 \text{ C/mol}$$

(tính toán ta thường lấy chẵn là 96 500 C/mol). **C3**

C3 Có thể tính số nguyên tử trong một mol kim loại từ số Fa-ra-đây được không ?

Kết hợp hai định luật Fa-ra-đây, ta được công thức Fa-ra-đây :

$$m = \frac{1}{F}\cdot\frac{A}{n}It \quad (14.3)$$

m là khối lượng của chất được giải phóng ở điện cực, tính bằng gam.

V - ỨNG DỤNG CỦA HIỆN TƯỢNG ĐIỆN PHÂN

Hiện tượng điện phân có nhiều ứng dụng trong thực tế sản xuất và đời sống như luyện nhôm, tinh luyện đồng, điều chế clo, xút, mạ điện, đúc điện,... Dưới đây, ta chỉ nói qua về công nghệ luyện nhôm và mạ điện.

1. Luyện nhôm

Công nghệ luyện nhôm chủ yếu dựa vào hiện tượng điện phân quặng nhôm nóng chảy.

Quặng nhôm phổ biến là bôxit giàu nhôm ôxit Al_2O_3. Nhiệt độ nóng chảy của Al_2O_3 rất cao, $t_c = 2\,050^oC$. Người ta pha thêm vào quặng nhôm một lượng quặng cryôlit Na_3AlF_6 để hạ nhiệt độ nóng chảy xuống còn khoảng 950°C. Bể điện phân có điện cực bằng than, dòng điện chạy qua khoảng 10^4 A. Năng lượng điện toả ra trong bể điện phân giữ cho hỗn hợp quặng luôn luôn nóng chảy. Công nghệ luyện nhôm tiêu thụ một điện năng lớn nên giá thành của nhôm cao, vào khoảng 2 đôla một kilôgam.

2. Mạ điện

C4 Tại sao khi mạ điện, muốn lớp mạ đều, ta phải quay vật cần mạ trong lúc điện phân ?

Để tăng vẻ đẹp và chống gỉ cho các đồ dùng thường ngày bằng kim loại, người ta thường mạ lên chúng một lớp kim loại trơ. Đối với các vật dụng lớn bằng thép thì thường mạ niken, còn với đồ mĩ nghệ thì mạ bạc, vàng. Công nghệ mạ thường dùng là công nghệ điện phân. Bể điện phân lúc này gọi là bể mạ có anôt là một tấm kim loại để mạ, catôt là vật cần mạ. Chất điện phân thường là dung dịch muối kim loại để mạ (nếu mạ niken ta dùng $NiSO_4$ tan trong nước, còn nếu mạ bạc thì dùng muối $AgNO_3$) trong đó có thêm một số chất phụ gia để làm cho lớp mạ bám vào bề mặt được chắc, bền và bóng đẹp. Dòng điện qua bể mạ được chọn một cách thích hợp để đảm bảo chất lượng của lớp mạ. Khi mạ các vật dụng phức tạp, người ta còn phải quay vật trong lúc mạ để lớp mạ được đều. **C4**

- **Trong dung dịch, các axit, bazơ và muối bị phân li thành ion (thuyết điện li) : Anion mang điện âm là gốc axit hoặc nhóm (OH), còn cation mang điện dương là ion kim loại, ion H^+ hoặc một số nhóm nguyên tử khác.**
- **Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của các ion trong điện trường.**
- **Hiện tượng dương cực tan xảy ra khi các anion đi tới anôt kéo các ion kim loại của điện cực vào trong dung dịch.**
- **Khối lượng của chất được giải phóng ra ở điện cực khi điện phân cho bởi công thức :**

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} It$$

trong đó *m* tính bằng gam, *A* là khối lượng mol nguyên tử của chất, *I* tính bằng ampe, *t* tính bằng giây, *n* là hoá trị của nguyên tố tạo ra ion.

❖ Hiện tượng điện phân được áp dụng trong các công nghệ luyện kim, hoá chất, mạ điện...

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Nội dung của thuyết điện li là gì ? Anion thường là phần nào của phân tử ?

2. Dòng điện trong chất điện phân khác dòng điện trong kim loại như thế nào ?

3. Hãy nói rõ hạt tải điện nào mang dòng điện trên các phần khác nhau của mạch điện có chứa bình điện phân :

   a) Dây dẫn và điện cực kim loại.

   b) Ở sát bề mặt hai điện cực.

   c) Ở trong lòng chất điện phân.

4. Chất điện phân thường dẫn điện tốt hơn hay kém hơn kim loại ? Tại sao ?

5. Hai bể điện phân : bể *A* để luyện nhôm, bể *B* để mạ niken. Hỏi bể nào có dương cực tan ? Bể nào có suất phản điện ?

6. Phát biểu định luật Fa-ra-đây, viết công thức Fa-ra-đây và đơn vị dùng trong công thức này.

7. Khi điện phân dung dịch H_2SO_4 với điện cực bằng graphit, ta thu được khí ôxi bay ra ở anôt. Có thể dùng công thức Fa-ra-đây để tính khối lượng ôxi bay ra được không ?

▼

Ở bài tập 8 và 9 sau đây, phát biểu nào là chính xác ?

8. Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của

   A. các chất tan trong dung dịch.

   B. các ion dương trong dung dịch.

   C. các ion dương và ion âm dưới tác dụng của điện trường trong dung dịch.

   D. các ion dương và ion âm theo chiều điện trường trong dung dịch.

9. Kết quả cuối cùng của quá trình điện phân dung dịch $CuSO_4$ với điện cực bằng đồng là

   A. không có thay đổi gì ở bình điện phân.

   B. anôt bị ăn mòn.

   C. đồng bám vào catôt.

   D. đồng chạy từ anôt sang catôt.

10*. Tốc độ chuyển động có hướng của ion Na^+ và Cl^- trong nước có thể tính theo công thức : $v = \mu E$, trong đó E là cường độ điện trường, μ có giá trị lần lượt là $4,5.10^{-8}$ $m^2/(V.s)$ và $6,8.10^{-8}$ $m^2/(V.s)$. Tính điện trở suất của dung dịch NaCl nồng độ 0,1 mol/*l*, cho rằng toàn bộ các phân tử NaCl đều phân li thành ion.

11. Người ta muốn bóc một lớp đồng dày $d = 10$ μm trên một bản đồng diện tích $S = 1$ cm^2 bằng phương pháp điện phân. Cường độ dòng điện là 0,010 A. Tính thời gian cần thiết để bóc được lớp đồng. Cho biết đồng có khối lượng riêng là $\rho = 8\,900$ kg/m^3.

15 DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ

Ngày nay, để tiết kiệm năng lượng điện dùng để thắp sáng, người ta khuyên không nên dùng đèn có dây tóc nóng đỏ. Trong gia đình nên dùng đèn ống, ngoài đường phố thì dùng đèn thuỷ ngân và đèn natri (đèn vàng). Các loại đèn này hoạt động theo nguyên lí nào mà lại tiết kiệm điện ?

I - CHẤT KHÍ LÀ MÔI TRƯỜNG CÁCH ĐIỆN

Thực tế đời sống cho thấy không khí nói riêng (hay chất khí nói chung) không dẫn điện. Vì thế, trên các đường dây tải điện, người ta chỉ dùng các cọc sứ để ngăn không cho điện truyền từ dây dẫn điện vào cột điện, mà không cần làm gì để ngăn điện truyền từ dây này sang dây khác qua không khí. Các công tắc điện trong gia đình, khi cắt điện người ta cũng chỉ cần tạo ra một khe không khí rộng khoảng vài milimét giữa hai tiếp điểm là đủ. **C1**

C1 Nếu không khí dẫn điện thì :

a) Mạng điện trong gia đình có an toàn không ?

b) Ô tô, xe máy có chạy được không ?

c) Các nhà máy điện sẽ ra sao ?

Chất khí không dẫn điện vì các phân tử khí đều ở trạng thái trung hoà điện, do đó trong chất khí không có hạt tải điện.

II - SỰ DẪN ĐIỆN CỦA CHẤT KHÍ TRONG ĐIỀU KIỆN THƯỜNG

Thực ra, chất khí không phải tuyệt đối không dẫn điện. Tích điện vào một cái điện nghiệm, ta thấy hai lá kim loại của cái điện nghiệm xoè ra. Theo dõi góc của hai lá kim loại theo thời gian, ta thấy nó giảm dần, chứng tỏ điện tích trữ trong điện nghiệm mất dần (Hình 15.1). Một trong các nguyên nhân làm suy giảm điện tích của điện nghiệm là điện đã truyền qua không khí ở điều kiện thường đến các vật khác. Để có thể kết luận một cách chính xác hơn, người ta có thể dùng một điện kế rất nhạy để đo trực tiếp dòng điện qua chất khí.



Hình 15.1
Góc giữa hai lá kim loại của điện nghiệm giảm dần theo thời gian, chứng tỏ điện tích trữ trong điện nghiệm mất dần.

Hình 15.2 vẽ sơ đồ thí nghiệm để phát hiện và đo dòng điện qua chất khí. *A*, *B* là hai bản cực kim loại, $\mathscr{E}$ là nguồn điện có suất điện động khoảng vài chục vôn, *G* là một điện kế nhạy, *V* là vôn kế, *Đ* là ngọn đèn ga (đặt giữa hai bản cực). Chỉnh con chạy của biến trở *R* để cho vôn kế *V* chỉ một giá trị nào đấy và quan sát điện kế *G*, ta thấy :

– Khi không đốt đèn ga, kim điện kế hầu như chỉ số 0. Vậy bình thường chất khí hầu như không dẫn điện, trong chất khí có sẵn rất ít hạt tải điện.

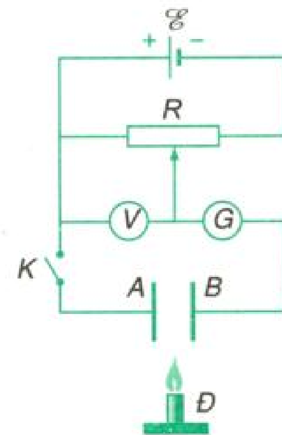
– Đốt đèn ga, kim điện kế lệch đáng kể khỏi vị trí số 0.

– Kéo đèn ga ra xa, dùng quạt thổi khí nóng đi qua giữa hai bản cực, kim điện kế vẫn lệch.

– Tắt đèn, chất khí lại hầu như không dẫn điện.

– Thay đèn ga bằng đèn thuỷ ngân (tia tử ngoại) và làm thí nghiệm tương tự như trước, ta cũng thấy những kết quả tương tự.

Từ đó, ta rút ra kết luận là ngọn lửa ga và bức xạ của đèn thuỷ ngân đã làm tăng mật độ hạt tải điện trong chất khí. **C2**



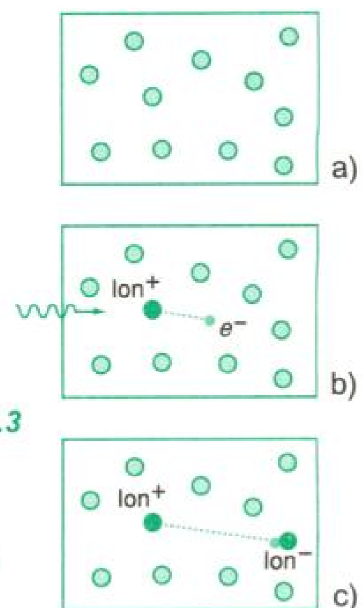
Hình 15.2
Mạch đo trực tiếp dòng điện qua chất khí bằng điện kế nhạy

C2 Vì sao ngay từ lúc chưa đốt đèn ga hoặc chiếu đèn thuỷ ngân, chất khí cũng dẫn điện ít nhiều ?

III - BẢN CHẤT DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ

1. Sự ion hoá chất khí và tác nhân ion hoá

Ngọn lửa ga (nhiệt độ rất cao), tia tử ngoại của đèn thuỷ ngân trong thí nghiệm trên được gọi là các *tác nhân ion hoá*. Nhờ có năng lượng cao, chúng ion hoá chất khí, tách phân tử khí trung hoà thành ion dương và êlectron tự do. Êlectron tự do lại có thể kết hợp với phân tử khí trung hoà thành ion âm (Hình 15.3). Các hạt tích điện này là hạt tải điện trong chất khí.



Hình 15.3

Quá trình ion hoá do tác nhân ion hoá :
a) Ban đầu chất khí gồm các phân tử trung hoà.
b) Tia tử ngoại làm phân tử biến thành ion$^+$ và e^-.
c) e^- kết hợp với phân tử trung hoà thành ion$^-$.

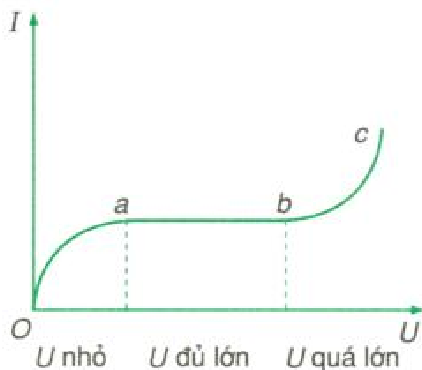
Dòng điện trong chất khí là dòng chuyển dời có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm, các êlectron ngược chiều điện trường. Các hạt tải điện này do chất khí bị ion hoá sinh ra.

Khi mất tác nhân ion hoá, các ion dương, ion âm và êlectron trao đổi điện tích với nhau hoặc với điện cực để trở lại thành các phân tử khí trung hoà, nên chất khí trở thành không dẫn điện.

2. Quá trình dẫn điện không tự lực của chất khí

Quá trình dẫn điện của chất khí mà ta vừa mô tả gọi là *quá trình dẫn điện (phóng điện) không tự lực. Nó chỉ tồn tại khi ta tạo ra hạt tải điện trong khối khí ở giữa hai bản cực và biến mất khi ta ngừng việc tạo ra hạt tải điện.*

Thay đổi hiệu điện thế U giữa hai bản cực và ghi lại dòng điện I chạy qua chất khí, ta thấy *quá trình dẫn điện không tự lực không tuân theo định luật Ôm.*



Hình 15.4

Sự phụ thuộc của I theo U trong quá trình dẫn điện không tự lực của chất khí

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng điện I qua chất khí khi phóng điện không tự lực, theo hiệu điện thế U giữa hai điện cực, được vẽ trên Hình 15.4. Nó có ba đoạn rõ rệt :

– Đoạn Oa : U nhỏ, dòng điện tăng theo U.

– Đoạn ab : U đủ lớn, dòng điện I đạt giá trị bão hoà. **C3**

C3 Trong quá trình dẫn điện không tự lực của khí, khi nào dòng điện đạt giá trị bão hoà ?

– Đoạn bc : U quá lớn, I tăng nhanh khi U tăng. Điều đó chứng tỏ, khi hiệu điện thế đã quá lớn, sự tăng hiệu điện thế làm cho điện trở của chất khí giảm, mật độ hạt tải điện tăng.

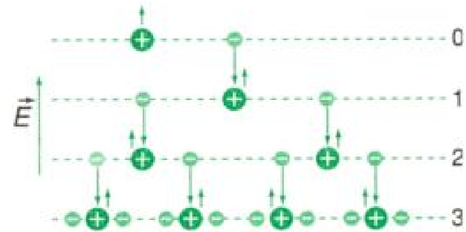
3. Hiện tượng nhân số hạt tải điện trong chất khí trong quá trình dẫn điện không tự lực

Hiện tượng tăng mật độ hạt tải điện trong chất khí do dòng điện chạy qua gây ra gọi là hiện tượng nhân số hạt tải điện.

Nó diễn ra như sau :

Những hạt tải điện đầu tiên có trong chất khí là các êlectron và ion dương do tác nhân ion hoá sinh ra.

Êlectron kích thước nhỏ hơn ion dương, nên đi được quãng đường dài hơn ion dương trước khi va chạm với một phân tử khí. Năng lượng mà êlectron nhận được từ điện trường ngoài $\vec{E}$ trong quãng đường bay tự do lớn hơn năng lượng mà ion nhận được khoảng $5 \div 6$ lần. Khi điện trường đủ lớn, động năng của êlectron cũng đủ lớn để khi va chạm với phân tử trung hoà thì ion hoá nó, biến nó thành êlectron tự do và ion dương. Quá trình diễn ra theo kiểu thác lũ ("tuyết lở") như đã vẽ trên Hình 15.5 làm mật độ hạt tải điện tăng mạnh cho tới khi êlectron đến anôt. Chất khí trở nên dẫn điện tốt hơn, và dòng điện chạy qua chất khí tăng. Vì một êlectron ban đầu chỉ sinh ra được một số hữu hạn hạt tải điện trên đường đi đến điện cực, nên tuy dòng điện có tăng nhưng nó vẫn phụ thuộc vào số hạt tải điện mà tác nhân ion hoá từ bên ngoài đã sinh ra trong chất khí. **C4**



Hình 15.5
Quá trình nhân số hạt tải điện theo kiểu thác lũ (tuyết lở)

C4 Khi có quá trình nhân số hạt tải điện thì cường độ điện trường tại các điểm khác nhau ở giữa hai bản cực có giống nhau không ? Vì sao ?

IV - QUÁ TRÌNH DẪN ĐIỆN TỰ LỰC TRONG CHẤT KHÍ VÀ ĐIỀU KIỆN ĐỂ TẠO RA QUÁ TRÌNH DẪN ĐIỆN TỰ LỰC

Quá trình dẫn điện của chất khí có thể tự duy trì, không cần ta chủ động tạo ra hạt tải điện, gọi là quá trình dẫn điện (phóng điện) tự lực.

Muốn có quá trình dẫn điện tự lực thì trong hệ gồm chất khí và các điện cực phải tự tạo ra các hạt tải điện mới để bù lại số hạt tải điện đã đi đến điện cực và biến mất. Số hạt tải điện sinh ra ban đầu có thể không nhiều nhưng nhờ quá trình nhân số hạt tải điện đã nói ở trên mà mật độ hạt tải điện tăng mạnh, khiến môi trường trở nên dẫn điện tốt.

Có bốn cách chính để dòng điện có thể tạo ra hạt tải điện mới trong chất khí :

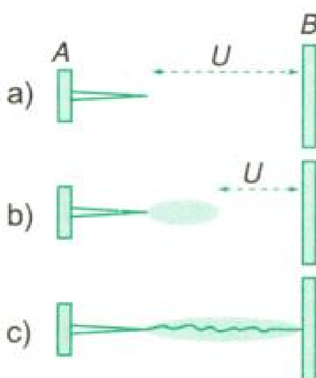
1. Dòng điện chạy qua chất khí làm nhiệt độ khí tăng rất cao, khiến phân tử khí bị ion hoá.

2. Điện trường trong chất khí rất lớn, khiến phân tử khí bị ion hoá ngay khi nhiệt độ thấp.

Sự hình thành tia lửa điện diễn ra như sau :

Giả sử giữa hai điện cực *A* và *B* có hiệu điện thế *U* đủ lớn, và điện cực *A* có một mũi nhọn (Hình 15.6). Điện trường mạnh nhất ở gần các mũi nhọn, vì thế chất khí ở đấy dễ bị ion hoá nhất (Hình 15.6a). Nơi chất khí bị ion hoá trở thành môi trường dẫn điện tốt. Mũi nhọn tựa như được kéo dài đến hết miền này. Nơi chất khí chưa bị ion hoá vẫn còn là môi trường cách điện, nên hiệu điện thế *U* tập trung ở miền ấy (Hình 15.6b). Điện trường ở nơi xung yếu nhất trong miền này sẽ tăng vượt giá trị ngưỡng và quá trình phóng điện xảy ra, tạo nên tia lửa điện (Hình 15.6c).

Nếu tia lửa điện hình thành trong không khí, các nguyên tử ôxi có thể kết hợp với nhau thành ôzôn (O_3), nguyên tử nitơ và ôxi kết hợp với nhau thành nitơ ôxit. Các hợp chất này tạo ra mùi khét rất đặc trưng mà trong dân gian hay gọi là "mùi điện".



Hình 15.6
Quá trình hình thành tia lửa điện :
a) Thoạt đầu, khí ở gần mũi nhọn bị ion hoá.
b) Vùng khí bị ion hoá lan rộng ra.
c) Tia lửa điện xuất hiện.

3. Catôt bị dòng điện nung nóng đỏ, làm cho nó có khả năng phát ra êlectron. Hiện tượng này gọi là *hiện tượng phát xạ nhiệt êlectron*.

4. Catôt không nóng đỏ nhưng bị các ion dương có năng lượng lớn đập vào, làm bật êlectron ra khỏi catôt và trở thành hạt tải điện.

Tuỳ cơ chế sinh hạt tải điện mới trong chất khí mà ta có các kiểu phóng điện tự lực khác nhau.

Hai kiểu phóng điện tự lực thường gặp nhất là *tia lửa điện* và *hồ quang điện*.

V - TIA LỬA ĐIỆN VÀ ĐIỀU KIỆN TẠO RA TIA LỬA ĐIỆN

1. Định nghĩa

Tia lửa điện là quá trình phóng điện tự lực trong chất khí đặt giữa hai điện cực khi điện trường đủ mạnh để biến phân tử khí trung hoà thành ion dương và êletron tự do.

2. Điều kiện tạo ra tia lửa điện

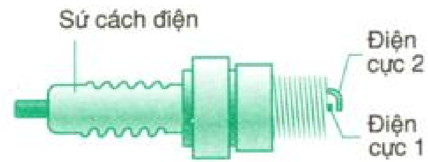
Tia lửa điện có thể hình thành trong không khí ở điều kiện thường, khi điện trường đạt đến giá trị ngưỡng vào khoảng 3.10^6 V/m. Hiệu điện thế đủ để phát sinh tia lửa điện trong không khí giữa hai điện cực dạng khác nhau, ở các khoảng cách khác nhau được ghi trên Bảng 15.1.

Bảng 15.1

Hiệu điện thế *U* (V)	Khoảng cách đánh tia điện	
	Cực phẳng (mm)	Mũi nhọn (mm)
20 000	6,1	15,5
40 000	13,7	45,5
100 000	36,7	220
200 000	75,3	410
300 000	114	600

3. Ứng dụng

Tia lửa điện được dùng phổ biến trong động cơ nổ để đốt hỗn hợp nổ (là hơi xăng lẫn không khí) trong xilanh. Bộ phận để tạo ra tia lửa điện là bugi (Hình 15.7), thực chất đó chỉ là hai điện cực đặt cách nhau vào cỡ vài phần mười milimét trên một khối sứ cách điện.



Hình 15.7

Cấu tạo của bugi dùng trong động cơ nổ (ô tô, xe máy)

Khi có cơn giông, các đám mây gần mặt đất thường tích điện âm và mặt đất tích điện dương. Giữa đám mây và mặt đất có hiệu điện thế lớn. Những chỗ nhô cao trên mặt đất giống như những mũi nhọn là nơi có điện trường mạnh nhất. Sét là tia lửa điện hình thành giữa đám mây mưa và mặt đất nên thường đánh vào các mô đất cao, ngọn cây… **C5**

C5 Vì sao khi đi đường gặp mưa giông, sấm sét dữ dội ta không nên đứng trên những gò đất cao hoặc trú dưới gốc cây mà nên nằm dán người xuống đất ?

VI - HỒ QUANG ĐIỆN VÀ ĐIỀU KIỆN TẠO RA HỒ QUANG ĐIỆN

1. Định nghĩa

Hồ quang điện là quá trình phóng điện tự lực xảy ra trong chất khí ở áp suất thường hoặc áp suất thấp đặt giữa hai điện cực có hiệu điện thế không lớn.

Hồ quang điện có thể kèm theo toả nhiệt và toả sáng rất mạnh.

2. Điều kiện tạo ra hồ quang điện

Để mồi hồ quang điện, thoạt đầu người ta phải làm cho hai điện cực nóng đỏ đến mức có thể phát ra được một lượng lớn êlectron bằng sự phát xạ nhiệt êlectron. Sau đó, ta tạo ra một điện trường đủ mạnh giữa hai điện cực để ion hoá chất khí, tạo ra tia lửa điện giữa hai điện cực. Khi đã có tia lửa điện, quá trình phóng điện tự lực sẽ vẫn tiếp tục duy trì, mặc dù ta giảm hiệu điện thế giữa hai điện cực đến giá trị không lớn. Nó tạo ra một cung sáng chói như ngọn lửa nối hai điện cực, mà ta gọi là hồ quang điện (Hình 15.8).

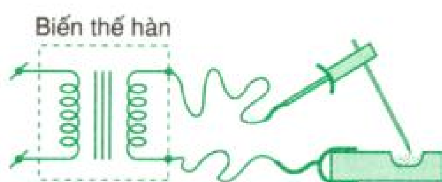


Hình 15.8

Hồ quang điện

Trong hồ quang điện, dòng điện chạy qua chất khí chủ yếu là dòng êlectron đi từ catôt đến anôt, nhưng cũng có một phần là dòng ion dương đi từ anôt đến catôt. Khi các ion dương đập vào catôt, chúng truyền cho cực này năng lượng mà chúng đã nhận từ nguồn điện, làm cho catôt duy trì được trạng thái nóng đỏ và có khả năng phát ra các êlectron (hiện tượng phát xạ nhiệt êlectron).

Các êlectron phát ra với số lượng lớn, đi ngược chiều điện trường đến anôt, truyền cho anôt năng lượng đã nhận từ nguồn điện làm nó nóng lên, nhiệt độ có thể tới trên 3 500°C. Nhiệt độ này cũng làm cho hầu hết các vật liệu bị nóng chảy, và thậm chí bay hơi, nên anôt thường bị lõm xuống. Chất khí trong vùng hồ quang điện ở nhiệt độ rất cao, do đó cũng bị ion hoá và dẫn điện tốt, khiến điện trở của chất khí trong hồ quang điện rất nhỏ.



Hình 15.9

3. Ứng dụng

Hồ quang điện có nhiều ứng dụng như hàn điện, làm đèn chiếu sáng, đun chảy vật liệu,...

Máy hàn điện là một nguồn điện có điện áp khoảng vài chục vôn, điện trở trong rất nhỏ để có thể sinh được dòng điện rất lớn, hàng trăm ampe. Một cực của nguồn điện nối vào vật cần hàn, cực kia nối với que hàn (Hình 15.9). Khi hàn, thoạt đầu người thợ chạm que hàn vào vật cần hàn. Mạch điện bị nối tắt, điểm tiếp xúc bị đốt nóng đỏ. Sau đó, người ta nhấc que hàn lên một chút. Khi que hàn vừa rời khỏi vật cần hàn, dòng điện bị ngắt đột ngột, suất điện động tự cảm (sẽ học trong phần Điện từ học) rất lớn, tạo ra tia lửa điện mồi hồ quang điện và hồ quang điện phát sinh.

Đèn ống dùng trong gia đình, đèn thuỷ ngân, đèn natri (đèn vàng) dùng trong chiếu sáng công cộng cũng là hồ quang điện sinh ra trong một khối hơi thuỷ ngân hoặc natri ở áp suất thấp chứa trong một bóng kín.

Hồ quang điện cũng có thể ngẫu nhiên xảy ra trên các mạng điện cũ nát hoặc lắp đặt không đúng kĩ thuật : Nếu hai dây điện không may chạm nhau, khi chúng rời nhau sẽ tạo ra hồ quang điện và đấy chính là nguyên nhân gây ra nhiều vụ hoả hoạn tại các đô thị.

- **Chất khí vốn không dẫn điện. Chất khí chỉ dẫn điện khi có hạt tải điện (êlectron, ion) do tác nhân ion hoá sinh ra. Dòng điện trong chất khí là dòng chuyển dời có hướng của êlectron và các ion trong điện trường.**
- **Quá trình dẫn điện không tự lực của chất khí xảy ra khi ta phải dùng tác nhân ion hoá từ bên ngoài để tạo ra hạt tải điện trong chất khí.**

- **Khi dùng nguồn điện áp lớn để tạo ra sự phóng điện qua chất khí, ta thấy có hiện tượng nhân số hạt tải điện.**
- **Quá trình phóng điện tự lực trong chất khí là quá trình phóng điện vẫn tiếp tục giữ được khi không còn tác nhân ion hoá tác động từ bên ngoài.**
- **Tia lửa điện là quá trình phóng điện tự lực hình thành trong chất khí khi có điện trường đủ mạnh để làm ion hoá chất khí.**
- **Hồ quang điện là quá trình phóng điện tự lực hình thành khi dòng điện qua chất khí có thể giữ được nhiệt độ cao của catôt để nó phát được êlectron bằng hiện tượng phát xạ nhiệt êlectron.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Mô tả thí nghiệm phát hiện, đo dòng điện qua chất khí và cách tạo ra hạt tải điện trong chất khí.
2. Trình bày hiện tượng nhân số hạt tải điện trong quá trình phóng điện qua chất khí.
3. Trình bày nguyên nhân gây ra hồ quang điện và tia lửa điện.
4. Vì sao dòng điện trong hồ quang điện lại chủ yếu là dòng êlectron chạy từ catôt đến anôt ?
5. Trình bày thao tác hàn điện và giải thích vì sao phải làm thế.

Ở bài tập 6 và 7 dưới đây, phát biểu nào là chính xác ?

6. Dòng điện trong chất khí chỉ có thể là dòng chuyển dời có hướng của

   A. các êlectron mà ta đưa vào trong chất khí.

   B. các ion mà ta đưa từ bên ngoài vào trong chất khí.

   C. các êlectron và ion mà ta đưa từ bên ngoài vào trong chất khí.

   D. các êlectron và ion được tạo ra trong chất khí hoặc đưa từ bên ngoài vào trong chất khí.

7. Hồ quang điện là quá trình phóng điện tự lực của chất khí, hình thành do

   A. phân tử khí bị điện trường mạnh làm ion hoá.

   B. catôt bị nung nóng phát ra êlectron.

   C. quá trình nhân số hạt tải điện kiểu thác lũ trong chất khí.

   D. chất khí bị tác dụng của các tác nhân ion hoá.

8. Từ Bảng 15.1, các em hãy ước tính :

   a) Hiệu điện thế đã sinh ra tia sét giữa đám mây cao 200 m và một ngọn cây cao 10 m.

   b) Hiệu điện thế tối thiểu giữa hai cực của bugi xe máy khi xe chạy bình thường.

   c) Đứng cách xa đường dây điện 120 kV bao nhiêu thì bắt đầu có nguy cơ bị điện giật, mặc dù ta không chạm vào dây điện.

9. Cho phóng điện qua chất khí ở áp suất thấp, giữa hai điện cực cách nhau 20 cm. Quãng đường bay tự do của êlectron là 4 cm. Cho rằng năng lượng mà êlectron nhận được trên quãng đường bay tự do đủ để ion hoá chất khí, hãy tính xem một êlectron đưa vào trong chất khí có thể sinh ra tối đa bao nhiêu hạt tải điện.

Em có biết ?

NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA ĐÈN ỐNG

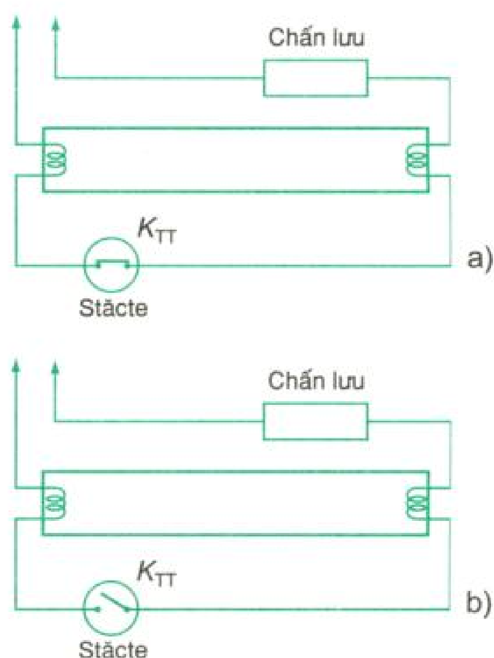
Đèn ống (còn gọi là đèn huỳnh quang) là loại đèn thường dùng để thắp sáng trong nhà. Nó được cấu tạo bởi một ống thuỷ tinh dài khoảng 0,6 m ÷ 1,2 m, bên trong chứa hơi thuỷ ngân và một loại khí trơ ở áp suất thấp. Thành trong của ống thuỷ tinh phủ một lớp bột huỳnh quang có màu trắng, khi bị tia tử ngoại rọi vào thì phát ra ánh sáng trắng. Hai đầu đèn là hai sợi dây tóc bằng vonfam, có phủ một loại ôxit đặc biệt để tăng khả năng phát xạ nhiệt êlectron. Vì dây tóc rất mảnh, nên chỉ cần cung cấp cho nó một năng lượng không lớn cũng đủ làm nó nóng đỏ. Mạch mắc đèn ống được vẽ trên Hình 15.10. Chấn lưu là một cuộn dây có độ tự cảm lớn, nó tạo ra một hiệu điện thế cao để mồi đèn và để hạn chế dòng điện. Để mồi đèn người ta dùng một đèn khởi động, thường gọi là "stăcte". Stăcte hoạt động như một công tắc điện tự động K_{TT} : Khi có điện, thoạt đầu công tắc K_{TT} nối tắt. Khoảng vài giây sau, công tắc K_{TT} sẽ hở mạch. Khi bật đèn, công tắc K_{TT} đóng, dòng điện chạy qua hai dây tóc mắc nối tiếp, làm chúng nóng đỏ và phát êlectron. Khi công tắc K_{TT} trong stăcte ngắt điện, thì một dây tóc trở thành anôt, dây tóc kia thành catôt. Suất điện động tự cảm xuất hiện khi mạch điện bị ngắt, tạo ra tia lửa điện giữa anôt và catôt, mồi cho hồ quang điện phát sinh. Dòng điện của quá trình phóng điện hồ quang giữ cho hai dây tóc tiếp tục nóng đỏ. Chấn lưu trong mạch điện giữ cho dòng điện không tăng quá cao. Trong đèn ống, hơi thuỷ ngân bị ion hoá phát ra tia tử ngoại rất mạnh. Lớp bột huỳnh quang (màu trắng) tráng bên trong ống, hấp thụ các tia này và phát ra ánh sáng trắng. Đèn ống rất sáng nhưng không nóng. Nó là loại đèn tiết kiệm năng lượng.

Khi sử dụng, đèn ống thường bị hỏng do một trong hai nguyên nhân sau :

a) Một trong hai dây tóc bị đứt : Khi đó, trong mạch không có dòng điện nung nóng dây tóc nên không thể tạo ra hồ quang điện. Ta có thể nối tắt hai chân dây tóc bị đứt, chỉ sử dụng một dây tóc còn tốt, đèn vẫn hoạt động được bình thường.

b) Đèn dùng lâu ngày bị "già", hai đầu ống xám đen : Đó là do lớp ôxit phủ ngoài dây tóc đã bay hết, nên dù nóng đỏ nó cũng không phát ra đủ êlectron để tạo thành hồ quang điện.

Khi đèn bị già hoặc đứt cả hai dây tóc, ta có thể dùng một nguồn điện thế cao cho sự phóng điện qua đèn và đèn vẫn phát sáng. Quá trình phóng điện bây giờ không phải là hồ quang điện và không thể duy trì khi ta hạ hiệu điện thế của nguồn điện xuống cỡ hiệu điện thế của mạng điện thông thường.



Hình 15.10

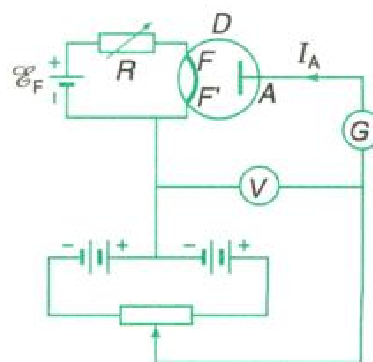
Sơ đồ mạch mắc đèn ống :

a) Khi công tắc điện K_{TT} trong stăcte đóng, dây tóc đèn nóng đỏ.

b) Vài giây sau, K_{TT} mở, đèn bừng sáng. Hồ quang điện làm dây tóc tiếp tục nóng đỏ.

16 DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

I - CÁCH TẠO RA DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG



Hình 16.1
Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu dòng điện trong chân không

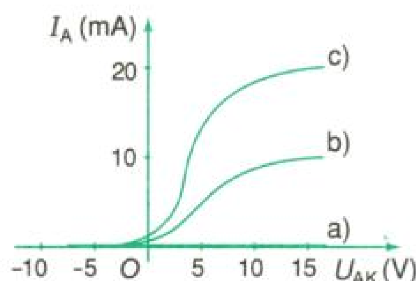
1. Bản chất dòng điện trong chân không

Chân không là môi trường đã được lấy đi tất cả các phân tử khí. *Nó không chứa hạt tải điện nên không dẫn điện.* Muốn tạo ra dòng điện chạy giữa hai điện cực đặt trong chân không, ta phải đưa hạt tải điện là các êlectron vào trong đó.

Dòng điện trong chân không là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron được đưa vào khoảng chân không đó.

2. Thí nghiệm

Lấy một đèn điôt chân không D, cấu tạo bởi một bóng thuỷ tinh đã hút chân không, bên trong có một catôt K (là dây tóc vonfam FF') và một anôt là bản cực kim loại A. Catôt được đốt nóng bằng dòng điện (mạch điện gồm một bộ pin $\mathscr{E}_F$ và một biến trở R). Vôn kế V dùng để đo hiệu điện thế U_{AK} giữa anôt và catôt. Anôt được nối với nguồn điện áp biến đổi và một điện kế G (Hình 16.1). Đốt nóng catôt ở các mức độ khác nhau, cho hiệu điện thế U_{AK} giữa anôt và catôt thay đổi từ giá trị âm đến giá trị dương và vẽ các đồ thị biểu diễn dòng điện I_A (chạy từ A đến FF') theo U_{AK}. Các đồ thị thu được, gọi là đặc tuyến vôn – ampe của điôt D, được vẽ trên Hình 16.2.



Hình 16.2
Đồ thị biểu diễn I_A theo U_{AK} :
a) Khi dây tóc không được đốt nóng.
b) Khi dây tóc được đốt nóng đỏ.
c) Khi dây tóc được đốt nóng ở nhiệt độ cao hơn.

C1 Trên đồ thị c) Hình 16.2, dòng bão hoà vào khoảng bao nhiêu ?

a) Khi dây tóc FF' không được đốt nóng, dòng $I_A = 0$, chân không không dẫn điện (đường a)).

b) Khi dây tóc nóng đỏ nhưng hiệu điện thế $U_{AK} < 0$, ta thấy I_A không đáng kể ; khi $U_{AK} > 0$, dòng I_A tăng nhanh theo U_{AK} rồi đạt đến giá trị bão hoà (đường b)).

c) Khi dây tóc nóng hơn, ta được đường cong c) có dạng giống như đường b), nhưng giá trị của dòng bão hoà lớn hơn. **C1**

Ta giải thích đồ thị ở Hình 16.2 như sau :

Khi đốt nóng catôt, chuyển động nhiệt của nguyên tử trong catôt làm một số êlectron có thể bứt ra khỏi bề mặt catôt và bay vào chân không với một tốc độ ban đầu nào đó. Tốc độ này không đều nhau, một số ít êlectron có thể có tốc độ lớn.

a) Khi U_{AK} âm và nhỏ, các êlectron có tốc độ ban đầu lớn vẫn thắng được lực đẩy của anôt và tới anôt, gây ra một dòng anôt nhỏ chạy về catôt.

b) Khi U_{AK} dương, anôt hút các êlectron và gây ra dòng anôt lớn.

c) Khi số êlectron phát ra từ catôt trong một giây bằng số êlectron đến anôt trong một giây thì dòng điện đạt đến giá trị bão hoà. Vì thế, nhiệt độ catôt càng cao, dòng bão hoà càng lớn.

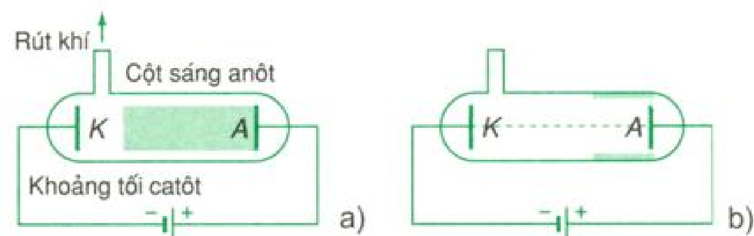
Đặc tuyến vôn – ampe vẽ trên Hình 16.2 chứng tỏ điôt chân không có tính chỉnh lưu. Trước khi có điôt bán dẫn, người ta vẫn dùng nó để lắp bộ chỉnh lưu dòng điện xoay chiều.

II - TIA CATÔT

Để tạo ra dòng điện trong chân không, trước đây, người ta dùng một hiệu điện thế lớn giữa anôt và catôt đặt trong một ống thuỷ tinh nối với bơm chân không, rồi rút khí cho đến khi trong ống là chân không.

1. Thí nghiệm

Hình 16.3 minh hoạ một thí nghiệm tạo ra dòng điện trong chân không bằng cách rút dần khí trong ống. Ống thuỷ tinh dài chừng 30 cm, nguồn điện có hiệu điện thế khoảng vài ngàn vôn.



Hình 16.3

Tạo tia catôt bằng quá trình phóng điện tự lực qua khí :

a) Ở áp suất thấp, ta quan sát thấy cột sáng anôt và khoảng tối catôt.

b) Ở áp suất rất thấp (khoảng 10^{-3} mmHg), trong ống có tia catôt làm huỳnh quang ống thuỷ tinh.

a) Khi áp suất của khí trong ống bằng áp suất khí quyển, ta không thấy quá trình phóng điện.

b) Khi áp suất đã đủ nhỏ, trong ống có quá trình phóng điện tự lực (Hình 16.3a), ta thấy một cột khí phát sáng kéo dài từ anôt đến gần catôt (cột sáng anôt), còn ở gần catôt có một khoảng tối (khoảng tối catôt). **C2**

C2 Vì sao khi áp suất còn lớn ta không thấy quá trình phóng điện qua khí, và khi áp suất đã đủ nhỏ lại có quá trình phóng điện tự lực ?

c) Tiếp tục giảm áp suất, khoảng tối catôt mở rộng. Đến khi áp suất vào khoảng 10^{-3} mmHg, khoảng tối catôt chiếm toàn bộ ống nên không còn thấy ống phát sáng. Quá trình phóng điện vẫn duy trì và ở phía đối diện với catôt, thành ống thuỷ tinh phát ra ánh sáng màu vàng lục (Hình 16.3b).

Ta gọi tia phát ra từ catôt làm huỳnh quang thuỷ tinh là *tia catôt* hay *tia âm cực*.

d) Tiếp tục rút khí để đạt chân không tốt hơn nữa thì quá trình phóng điện biến mất. **C3**

C3 Vì sao khi rút khí để được chân không tốt hơn thì tia catôt lại biến mất ?

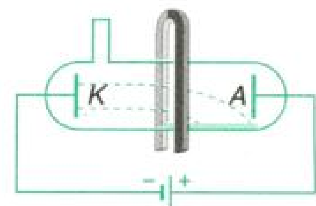
2. Tính chất của tia catôt

Để tìm hiểu bản chất của tia catôt, trước hết người ta làm thí nghiệm trên các ống phóng điện hình dạng khác nhau, trong ống có đặt các vật và các điện cực khác nhau để tìm hiểu các tính chất của nó. Người ta thấy tia catôt có các tính chất sau :

a) Nó phát ra từ catôt, theo phương vuông góc với bề mặt catôt. Gặp một vật cản, nó bị chặn lại và làm vật đó tích điện âm.

b) Nó mang năng lượng lớn : nó có thể làm đen phim ảnh, làm huỳnh quang một số tinh thể, làm kim loại phát ra tia X, làm nóng các vật mà nó rọi vào và tác dụng lực lên các vật đó.

c) Từ trường làm tia catôt lệch theo hướng vuông góc với phương lan truyền và phương của từ trường (Hình 16.4), còn điện trường làm tia catôt lệch theo chiều ngược với chiều của điện trường.



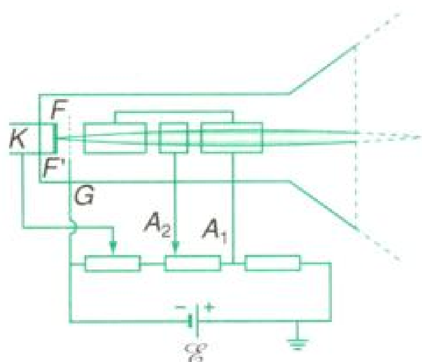
Hình 16.4
Từ trường làm lệch tia catôt theo phương vuông góc với phương lan truyền và phương từ trường.

3. Bản chất của tia catôt

Những tính chất trên chứng tỏ tia catôt là một dòng các êlectron phát ra từ catôt ; do áp suất của khí thấp, chỉ một tỉ lệ rất nhỏ của các êlectron này va chạm với phân tử khí và làm ion hoá chúng. Các ion dương nhận năng lượng của điện trường, đập vào catôt, sinh ra các êlectron mới để duy trì quá trình phóng điện. Đại bộ phận các êlectron còn lại, không bị va chạm với các phân tử khí. Chúng chuyển động như các êlectron tự do trong chân không. Như vậy, ***tia catôt thực chất là dòng êlectron phát ra từ catôt và bay gần như tự do trong ống thí nghiệm.*** Tuy trong ống vẫn còn khí, nhưng tia catôt không khác gì một dòng êlectron trong chân không.

4. Ứng dụng

Tia catôt có nhiều tính chất có thể áp dụng vào thực tế. Ứng dụng phổ biến nhất là để làm ống phóng điện tử và đèn hình. Để tạo được tia catôt mạnh và đáp ứng được các yêu cầu của kĩ thuật, người ta không dùng phóng điện qua chất khí ở áp suất thấp như đã mô tả ở trên, mà dùng một điôt chân không với catôt được nung nóng và anôt có lỗ thủng để cho dòng êlectron bay ra (gọi là *súng êlectron*). Súng êlectron được sử dụng trong ống phóng điện tử và đèn hình.



Hình 16.5 *Súng êlectron*

Súng êlectron (Hình 16.5) có cực catôt K là dây tóc FF', cực lưới G là một lưới kim loại bao quanh catôt, và anôt là một bộ gồm ba ống kim loại. Hai ống ngoài nối với cực A_1, còn ống ở giữa nối với cực A_2. Catôt được đốt nóng, phát ra êlectron. Anôt A_1 ở điện thế dương so với catôt, làm nhiệm vụ gia tốc chùm êlectron. Anôt A_2 ở điện thế có thể điều chỉnh được, dùng để hội tụ chùm êlectron tại điểm mong muốn. Lưới G ở điện thế âm so với catôt sẽ chặn một phần dòng êlectron, cho phép ta điều chỉnh cường độ dòng này. Súng êlectron được dùng để tạo ra chùm tia êlectron trong ống phóng điện tử và đèn hình.

- Chân không chỉ dẫn điện nếu ta đưa êlectron vào trong đó.
- Dòng điện trong chân không là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron.
- Điôt chân không với catôt nóng đỏ có tính chỉnh lưu.
- Tia catôt là một dòng các êlectron phát ra từ catôt, có năng lượng lớn và bay tự do trong không gian, được sinh ra khi phóng điện qua chất khí ở áp suất thấp. Nó cũng có thể được tạo ra bằng một súng êlectron.
- Tia catôt có khả năng làm huỳnh quang các chất và bị làm lệch bằng điện trường và từ trường. Nó được dùng trong đèn hình và ống phóng điện tử.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Vì sao chân không không dẫn điện ? Bằng cách nào ta tạo được dòng điện trong chân không ?
2. Điôt chân không cấu tạo như thế nào và có tính chất gì ?
3. Tia catôt là gì ? Có thể tạo ra nó bằng cách nào ?
4. Tại sao khi phóng điện qua khí ở áp suất thấp lại sinh ra tia catôt ?
5. Kể vài tính chất của tia catôt chứng tỏ nó là dòng các êlectron bay tự do.
6. Súng êlectron tạo ra tia catôt theo nguyên tắc nào ?
7. Hãy kể hai ứng dụng của tia catôt mà em biết.

Ở bài tập 8 và 9 dưới đây, phát biểu nào là chính xác ?

8. Dòng điện trong chân không sinh ra do chuyển động của

   A. các êlectron phát ra từ catôt.

   B. các êlectron mà ta đưa từ bên ngoài vào giữa các điện cực đặt trong chân không.

   C. các êlectron phát ra từ anôt bị đốt nóng đỏ.

   D. các ion khí còn dư trong chân không.

9. Người ta kết luận tia catôt là dòng hạt tích điện âm vì

   A. nó có mang năng lượng.

   B. khi rọi vào vật nào, nó làm cho vật ấy tích điện âm.

   C. nó bị điện trường làm lệch hướng.

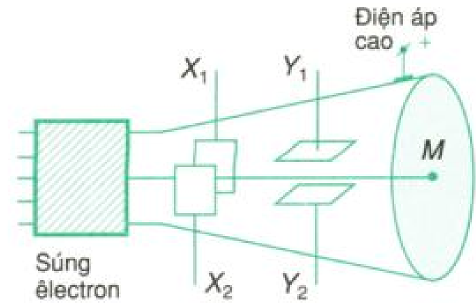
   D. nó làm huỳnh quang thuỷ tinh.

10. Catôt của một điôt chân không có diện tích mặt ngoài S = 10 mm^2. Dòng bão hoà I_{bh} = 10 mA. Tính số êlectron phát xạ từ một đơn vị diện tích của catôt trong một giây.
11. Hiệu điện thế giữa anôt và catôt của một súng êlectron là 2 500 V, tính tốc độ của êlectron mà súng phát ra. Cho biết khối lượng của êlectron là $9,11.10^{-31}$ kg.

Em có biết ?

ỐNG PHÓNG ĐIỆN TỬ VÀ ĐÈN HÌNH

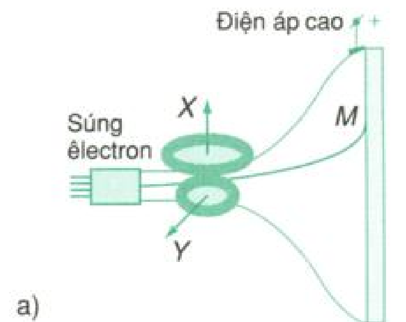
1. Ống phóng điện tử

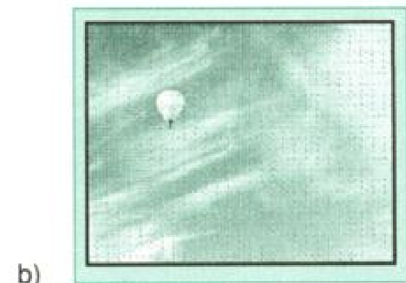


Hình 16.6 Ống phóng điện tử

Ống phóng điện tử được minh hoạ trên Hình 16.6. Chùm tia êlectron do súng êlectron phát ra, được điều chỉnh cho đi qua khoảng không giữa hai bộ bản cực Y_1, Y_2 và X_1, X_2 rồi đập vào màn huỳnh quang giữ ở điện áp cao, để lại ở đó một chấm sáng *M*. Dùng điện trường giữa hai bản cực Y_1, Y_2, ta làm lệch được chùm êlectron theo phương thẳng đứng. Tương tự, dùng điện trường giữa hai bản cực X_1, X_2, ta có thể làm nó dịch chuyển theo phương ngang. Điểm *M* di chuyển vẽ một đường sáng trên màn huỳnh quang. Ống phóng điện tử được dùng trong dao động kí điện tử.

2. Đèn hình





Hình 16.7 Đèn hình

Đèn hình được minh hoạ trên Hình16.7a. Chùm tia êlectron do súng êlectron phát ra được điều chỉnh cho đi qua khoảng không giữa hai cuộn dây *Y* và *X* (được cuốn theo dạng đặc biệt và gọi là cuộn lái tia), rồi hội tụ trên màn huỳnh quang giữ ở điện áp cao, để lại ở đó một chấm sáng *M*. Dùng từ trường tạo bởi hai dòng điện biến đổi theo thời gian theo quy luật thích hợp chạy qua hai cuộn dây *Y* và *X*, ta làm lệch chùm êlectron theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang, cho *M* vẽ nên những đường ngang, làm sáng toàn bộ màn huỳnh quang. Cường độ của tín hiệu ảnh có chỗ yếu, chỗ mạnh, làm màn huỳnh quang có các điểm tối, sáng khác nhau tạo ra hình ảnh (Hình 16.7b). Đèn hình được dùng trong tivi và máy vi tính.

17 DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN

Ngày nay, ta hay nói đến sự bùng nổ của công nghệ thông tin. Vậy sự bùng nổ ấy bắt nguồn từ đâu ?

I - CHẤT BÁN DẪN VÀ TÍNH CHẤT

Khi nghiên cứu các vật liệu, người ta thấy nhiều chất không thể xem là kim loại hoặc điện môi. Trong số này có một nhóm vật liệu mà tiêu biểu là gemani và silic, được gọi là *chất bán dẫn* hoặc gọi tắt là *bán dẫn*.

Những biểu hiện quan trọng đầu tiên của chất bán dẫn là :

1. Điện trở suất của chất bán dẫn có giá trị nằm trong khoảng trung gian giữa điện trở suất của kim loại và điện trở suất của điện môi. *Ở nhiệt độ thấp, điện trở suất của chất bán dẫn siêu tinh khiết rất lớn. Khi nhiệt độ tăng, điện trở suất giảm nhanh, hệ số nhiệt điện trở có giá trị âm.* Ta gọi đó là *sự dẫn điện riêng* của chất bán dẫn. Điều này ngược với sự phụ thuộc của điện trở suất của các kim loại vào nhiệt độ.

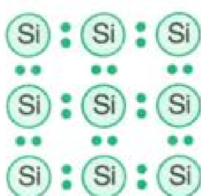
2. *Điện trở suất của chất bán dẫn phụ thuộc mạnh vào tạp chất.* Chỉ cần một lượng tạp chất nhỏ (khoảng $10^{-6}\%$ đến $10^{-3}\%$) cũng đủ làm điện trở suất của nó ở lân cận nhiệt độ phòng giảm rất nhiều lần. Lúc này, ta nói sự dẫn điện của chất bán dẫn là *dẫn điện tạp chất.*

3. *Điện trở suất của chất bán dẫn cũng giảm đáng kể khi nó bị chiếu sáng hoặc bị tác dụng của các tác nhân ion hoá khác.*

II - HẠT TẢI ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN. BÁN DẪN LOẠI *n* VÀ BÁN DẪN LOẠI *p*

1. Bán dẫn loại *n* và bán dẫn loại *p*

Để hiểu được tính chất điện của chất bán dẫn, trước hết cần xác định hạt tải điện trong chất bán dẫn mang điện tích gì. Điều này có thể thực hiện bằng cách lấy một thỏi bán dẫn và giữ một đầu ở nhiệt độ cao, một đầu ở nhiệt độ thấp. Chuyển động nhiệt có xu hướng đẩy hạt tải điện về phía đầu lạnh, nên đầu lạnh sẽ tích điện cùng dấu với hạt tải điện.

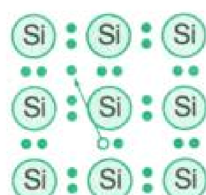


Hình 17.1
Liên kết của một nguyên tử Si với một nguyên tử Si ở bên cạnh được thực hiện bằng một cặp êlectron chạy quanh hạt nhân của hai nguyên tử này.

Thí nghiệm với mẫu silic pha tạp phôtpho (P), asen (As), hoặc antimon (Sb), chứng tỏ *hạt tải điện trong đó mang điện âm.* Ta gọi mẫu silic này là *loại n*. Với mẫu silic pha tạp bo (B), nhôm (Al), hoặc gali (Ga), thí nghiệm chứng tỏ *hạt tải điện mang điện dương*. Ta gọi mẫu silic này là *loại p*.

2. Êlectron và lỗ trống

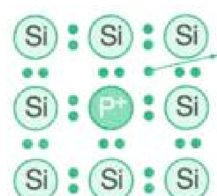
Trong cả hai loại bán dẫn *p* và *n*, thực ra dòng điện đều do chuyển động của êlectron sinh ra. Khi tạo thành tinh thể silic, mỗi nguyên tử silic có bốn êlectron hoá trị nên vừa đủ để tạo ra bốn liên kết với bốn nguyên tử lân cận. Các êlectron hoá trị đều bị liên kết (Hình 17.1), nên không tham gia vào việc dẫn điện.



Hình 17.2
Chuyển động nhiệt làm đứt một mối liên kết giữa hai nguyên tử silic, tạo ra một êlectron tự do và một lỗ trống.

Khi một êlectron bị rứt khỏi mối liên kết, nó trở nên tự do và thành hạt tải điện gọi là *êlectron dẫn*, hay gọi tắt là êlectron. Chỗ liên kết đứt sẽ thiếu một êlectron nên mang điện dương. Khi một êlectron từ mối liên kết của nguyên tử silic lân cận chuyển tới đấy thì mối liên kết đứt sẽ di chuyển ngược lại. Chuyển động của các êlectron liên kết bây giờ có thể xem như chuyển động của một điện tích dương theo chiều ngược. Nó cũng được xem là hạt tải điện mang điện dương, và gọi là *lỗ trống* (Hình 17.2).

Vậy, ***dòng điện trong chất bán dẫn là dòng các êlectron dẫn chuyển động ngược chiều điện trường và dòng các lỗ trống chuyển động cùng chiều điện trường.***



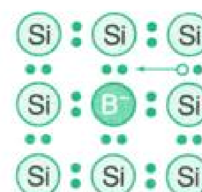
Hình 17.3
Nguyên tử tạp chất hoá trị năm (P) chỉ cần bốn êlectron hoá trị để liên kết với bốn nguyên tử silic lân cận. Êlectron thứ năm trở thành êlectron tự do, còn nguyên tử P trở thành ion P^+.

3. Tạp chất cho (đôno) và tạp chất nhận (axepto)

Khi pha tạp P, As,... là những nguyên tố có năm êlectron hoá trị vào trong tinh thể silic, chúng chỉ cần dùng bốn êlectron hoá trị để liên kết với bốn nguyên tử silic lân cận. Êlectron thứ năm rất dễ trở thành êlectron tự do, nên mỗi nguyên tử tạp chất này *cho* tinh thể một êlectron dẫn. Ta gọi chúng là *tạp chất cho* hay *đôno* (Hình 17.3). Đôno sinh ra êlectron dẫn nhưng không sinh ra lỗ trống. Mặt khác, chuyển động nhiệt cũng tạo ra một số êlectron và lỗ trống nhưng số lượng nhỏ hơn. Vì thế, *hạt tải điện trong bán dẫn loại n chủ yếu là êlectron.*

Tương tự, khi pha tạp B, Al,... là các nguyên tử có ba êlectron hoá trị vào tinh thể silic, chúng phải lấy một êlectron

của nguyên tử silic lân cận để có đủ bốn mối liên kết (Hình 17.4). Chúng *nhận* một êlectron liên kết và sinh ra một lỗ trống, nên được gọi là *tạp chất nhận* hay *axepto*. Axepto sinh ra lỗ trống mà không sinh ra êlectron tự do. *Hạt dẫn điện trong bán dẫn loại p chủ yếu là lỗ trống.*



Hình 17.4

Nguyên tử tạp chất hoá trị ba (B) cần bốn êlectron hoá trị để liên kết với bốn nguyên tử silic lân cận. Nó lấy một êlectron của nguyên tử silic lân cận, trở thành ion B^- và sinh ra một lỗ trống.

Điện trở suất ρ, mật độ êlectron và lỗ trống trong gemani siêu tinh khiết, gemani pha tạp gali với tỉ lệ nồng độ nguyên tử $10^{-6}\%$ và $10^{-3}\%$ ở nhiệt độ phòng được cho trên Bảng 17.1. **C1**

Bảng 17.1

Điện trở suất và mật độ hạt tải điện của gemani pha tạp gali ở 300 K			
Tỉ lệ tạp chất	0%	10^{-6} %	10^{-3} %
Điện trở suất	0,5 Ω.m	10^{-1} Ω.m	10^{-4} Ω.m
Mật độ lỗ trống	$2{,}5.10^{19}$ m^{-3}	$3{,}7.10^{20}$ m^{-3}	$3{,}7.10^{23}$ m^{-3}
Mật độ êlectron	$2{,}5.10^{19}$ m^{-3}	$1{,}7.10^{18}$ m^{-3}	$1{,}7.10^{15}$ m^{-3}

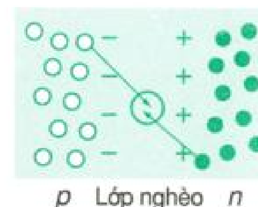
C1 So sánh điện trở suất của gemani tinh khiết, gemani pha tạp gali với tỉ lệ 10^{-6} % và 10^{-3} % ở nhiệt độ phòng với điện trở suất của các kim loại.

III - LỚP CHUYỂN TIẾP *p–n*

Lớp chuyển tiếp p–n là chỗ tiếp xúc của miền mang tính dẫn p và miền mang tính dẫn n được tạo ra trên một tinh thể bán dẫn.

1. Lớp nghèo

Vì trong miền bán dẫn loại *p* hạt tải điện chủ yếu là lỗ trống, trong miền bán dẫn loại *n* hạt tải điện chủ yếu là êlectron tự do, nên tại lớp chuyển tiếp *p–n*, chúng trà trộn vào nhau. Khi êlectron gặp lỗ trống (là chỗ liên kết bị thiếu êlectron), nó sẽ nối lại mối liên kết ấy, và một cặp êlectron – lỗ trống sẽ biến mất. Ở lớp chuyển tiếp *p–n*, sẽ hình thành một lớp không có hạt tải điện gọi là *lớp nghèo*. Ở lớp nghèo, về phía bán dẫn *n* có các ion đôno tích điện dương và về phía bán dẫn *p* có các ion axepto tích điện âm (Hình 17.5). Điện trở của lớp nghèo rất lớn. **C2**



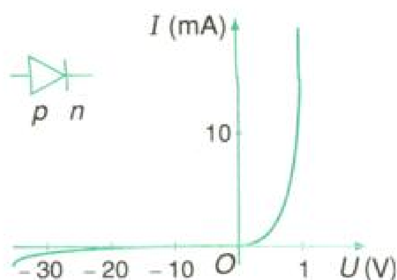
Hình 17.5

Lớp chuyển tiếp p–n

C2 Vì sao ở hai bên lớp nghèo lại có các ion dương và ion âm ?

2. Dòng điện chạy qua lớp nghèo

Nếu đặt một điện trường có chiều hướng từ bán dẫn *p* sang bán dẫn *n* thì lỗ trống trong bán dẫn *p* sẽ chạy theo điện trường vào lớp nghèo ; êlectron trong bán dẫn *n* sẽ chạy ngược chiều điện trường vào lớp đó. Lúc này, lớp nghèo có hạt tải điện và trở nên dẫn điện. Vì vậy sẽ có dòng điện chạy qua lớp nghèo từ miền *p* sang miền *n*. Khi đảo chiều điện trường ngoài, dòng điện không thể chạy từ miền *n* sang miền *p*, vì khi ấy không có hạt tải điện nào đến lớp nghèo, điện trở của nó trở nên rất lớn. Ta gọi chiều dòng điện qua được lớp nghèo (từ *p* sang *n*) là *chiều thuận*, chiều kia (từ *n* sang *p*) là *chiều ngược*.



Hình 17.6
Đặc tuyến vôn – ampe của điôt bán dẫn

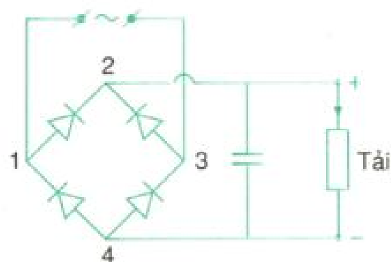
3. Hiện tượng phun hạt tải điện

Khi dòng điện chạy qua lớp chuyển tiếp *p–n* theo chiều thuận, các hạt tải điện đi vào lớp nghèo có thể đi tiếp sang miền đối diện. Ta nói rằng có hiện tượng phun hạt tải điện từ miền này sang miền khác. Tuy nhiên, chúng không thể đi xa quá khoảng 0,1 mm, vì cả hai miền *p* và *n* lúc này đều có êlectron và lỗ trống nên chúng dễ gặp nhau và biến mất từng cặp.

IV - ĐIÔT BÁN DẪN VÀ MẠCH CHỈNH LƯU DÙNG ĐIÔT BÁN DẪN

Điôt bán dẫn thực chất là một lớp chuyển tiếp *p–n*. Kí hiệu của điôt và đặc tuyến vôn – ampe của điôt được vẽ trên Hình 17.6. Vì dòng điện chủ yếu chỉ chạy qua điôt theo chiều từ *p* đến *n*, nên khi nối nó vào mạch điện xoay chiều, dòng điện cũng chỉ chạy theo một chiều. Ta nói điôt bán dẫn có tính chỉnh lưu. Nó được dùng để lắp *mạch chỉnh lưu*, biến điện xoay chiều thành một chiều.

Mạch chỉnh lưu thường được mắc bằng bốn điôt, thành cầu chỉnh lưu như Hình 17.7. Nguồn điện xoay chiều được nối vào các điểm 1 và 3 ; tải tiêu thụ điện một chiều được nối vào các điểm 2 và 4. Dòng điện luôn đi qua tải theo một chiều từ 2 đến 4, nên điểm 2 là cực dương, điểm 4 là cực âm của bộ chỉnh lưu. Bộ chỉnh lưu được dùng phổ biến trong các thiết bị điện tử dân dụng như rađiô, tivi, máy nạp acquy.



Hình 17.7
Cầu chỉnh lưu : Dù điểm 1 ở điện thế dương hay âm so với điểm 3, dòng điện luôn đi qua tải theo một chiều từ 2 đến 4.

V - TRANZITO LƯỠNG CỰC *n–p–n*. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÍ HOẠT ĐỘNG

1. Hiệu ứng tranzito

Xét một tinh thể bán dẫn trên đó có tạo ra một miền *p*, và hai miền n_1 và n_2. Mật độ êlectron trong

miền n_2 rất lớn so với mật độ lỗ trống trong miền p. Trên các miền này có hàn các điện cực C, B, E. Điện thế ở các cực E, B, C giữ ở các giá trị $V_E = 0$, V_B vừa đủ để lớp chuyển tiếp $p-n_2$ phân cực thuận, V_C có giá trị tương đối lớn (cỡ 10 V).

a) Giả sử miền p rất dày, n_1 và n_2 cách xa nhau

Lớp chuyển tiếp n_1-p phân cực ngược, chỉ có dòng điện rất nhỏ do êlectron chạy từ p sang n_1, và lỗ trống chạy từ n_1 sang p sinh ra. Điện trở R_{CB} giữa C và B rất lớn (Hình 17.8a).

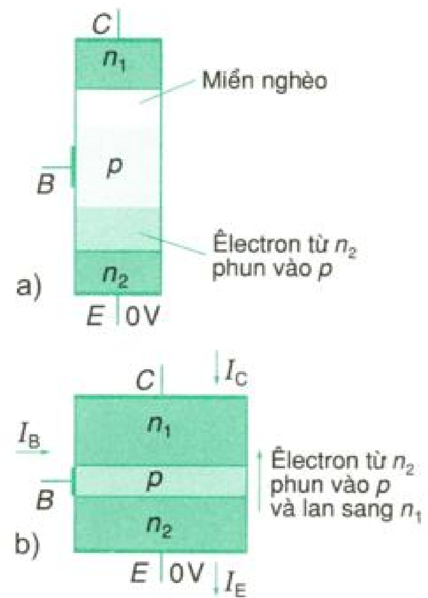
Lớp chuyển tiếp $p-n_2$ phân cực thuận, dòng điện chạy qua chủ yếu là dòng êlectron phun từ n_2 sang miền p. Các êlectron này không tới được lớp chuyển tiếp $p-n_1$, do đó không ảnh hưởng tới R_{CB}.

b) Giả sử miền p rất mỏng, n_1 rất gần n_2

Đại bộ phận dòng êlectron từ n_2 phun sang p có thể đi tới lớp chuyển tiếp n_1-p, rồi tiếp tục chạy sang n_1 đến cực C (Hình 17.8b) làm cho điện trở R_{CB} giảm đáng kể.

Hiệu ứng dòng điện chạy từ B sang E làm thay đổi điện trở R_{CB} gọi là hiệu ứng tranzito.

Vì đại bộ phận êlectron từ n_2 phun vào p không chạy về B mà chạy tới cực C, nên ta có $I_B << I_E$ và $I_C \approx I_E$. Dòng I_B nhỏ (do nguồn điện đặt vào B cung cấp) sinh ra dòng I_C lớn (do nguồn điện đặt vào C cung cấp), chứng tỏ có sự khuếch đại dòng điện.



Hình 17.8

Minh hoạ hiệu ứng tranzito :

a) Khi miền p dày : không có hiệu ứng tranzito.

b) Khi miền p mỏng : có hiệu ứng tranzito.

C3 Tinh thể bán dẫn được pha tạp để tạo ra một miền n mỏng kẹp giữa hai miền p có thể gọi là tranzito được không ?

2. Tranzito lưỡng cực $n-p-n$

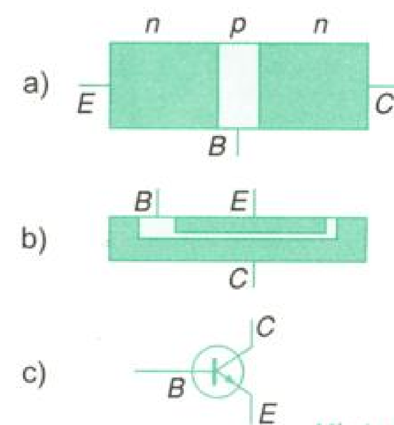
Tinh thể bán dẫn được pha tạp để tạo ra một miền p rất mỏng kẹp giữa hai miền n_1 và n_2 đã mô tả ở trên gọi là tranzito lưỡng cực n–p–n (Hình 17.9). **C3**

Tranzito có ba cực :

– *Cực góp hay colectơ, kí hiệu là C.*

– *Cực đáy hay cực gốc, hoặc bazơ, kí hiệu là B.*

– *Cực phát hay êmitơ, kí hiệu là E.*



Hình 17.9

Tranzito lưỡng cực :

a) Mô hình.

b) Cấu trúc thực.

c) Kí hiệu của tranzito $n-p-n$.

Tranzito có khả năng khuếch đại tín hiệu điện, và là linh kiện chủ lực đã dẫn đến sự bùng nổ của công nghệ điện tử và thông tin ngày nay. Ứng dụng phổ biến nhất của tranzito là để lắp mạch khuếch đại và khoá điện tử.

- **Chất bán dẫn là một nhóm vật liệu mà tiêu biểu là gemani và silic.**
- **Điện trở suất của các chất bán dẫn có giá trị nằm trong khoảng trung gian giữa kim loại và điện môi.**
- **Điện trở suất của chất bán dẫn phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ và tạp chất.**
- **Chất bán dẫn có hai loại hạt tải điện là êlectron và lỗ trống.**
- **Dòng điện trong chất bán dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron tự do và lỗ trống dưới tác dụng của điện trường.**
- **Bán dẫn chứa đôno (tạp chất cho) là loại *n*, có mật độ êlectron rất lớn so với mật độ lỗ trống. Bán dẫn chứa axepto (tạp chất nhận) là loại *p*, có mật độ lỗ trống rất lớn so với mật độ êlectron.**
- **Lớp chuyển tiếp *p–n* là chỗ tiếp xúc giữa hai miền mang tính dẫn điện *p* và *n* trên một tinh thể bán dẫn. Dòng điện chỉ chạy qua được lớp chuyển tiếp *p–n* theo chiều từ *p* sang *n*, nên lớp chuyển tiếp *p–n* được dùng làm điôt bán dẫn để chỉnh lưu dòng điện xoay chiều.**
- **Một lớp bán dẫn loại *p* rất mỏng kẹp giữa hai lớp bán dẫn loại *n* thực hiện trên một tinh thể bán dẫn (Ge, Si,...) là một tranzito *n–p–n*. Tranzito có khả năng khuếch đại tín hiệu điện, và dùng để lắp bộ khuếch đại và các khoá điện tử.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Tính chất điện của bán dẫn và kim loại khác nhau thế nào ?
2. Điểm khác nhau chính giữa nguyên tử đôno và axepto đối với silic là gì ?
3. Mô tả cách sinh ra êlectron và lỗ trống trong bán dẫn tinh khiết, bán dẫn *n* và *p*.
4. Dòng điện chỉ chạy qua lớp chuyển tiếp *p–n* theo chiều nào ?
5. Khi nào thì một lớp bán dẫn *p* kẹp giữa hai lớp bán dẫn *n* trên một tinh thể được xem là một tranzito *n–p–n* ?
6. Phát biểu nào dưới đây là chính xác ?

   Người ta gọi silic là chất bán dẫn vì

   A. nó không phải là kim loại, cũng không phải là điện môi.

   B. hạt tải điện trong đó có thể là êlectron và lỗ trống.

   C. điện trở suất của nó rất nhạy cảm với nhiệt độ, tạp chất, và các tác nhân ion hoá khác.

   D. Cả ba lí do trên.
7. Phát biểu nào dưới đây về tranzito là chính xác ?

A. Một lớp bán dẫn loại *p* kẹp giữa hai lớp bán dẫn loại *n* là tranzito *n–p–n*.

B. Một lớp bán dẫn loại *n* mỏng kẹp giữa hai lớp bán dẫn loại *p* không thể xem là tranzito.

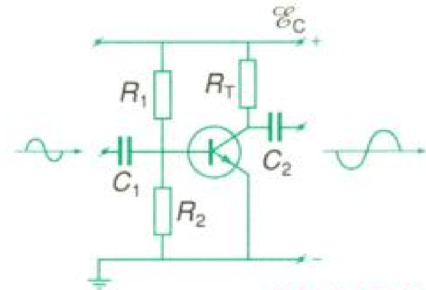
C. Một lớp bán dẫn loại *p* mỏng kẹp giữa hai lớp bán dẫn loại *n* luôn có khả năng khuếch đại.

D. Trong tranzito *n–p–n*, bao giờ mật độ hạt tải điện miền êmitơ cũng cao hơn miền bazơ.

Em có biết ?

MẠCH KHUẾCH ĐẠI DÙNG TRANZITO

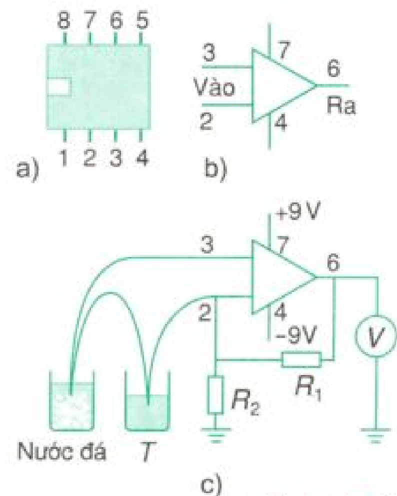
Sơ đồ nguyên lí của mạch khuếch đại dùng tranzito *n–p–n* (còn gọi là tầng khuếch đại kiểu êmitơ chung hay êmitơ nối đất) được vẽ trên Hình 17.10. Suất điện động của nguồn $\mathscr{E}_C$ thường vào khoảng từ 6 V đến 12 V. Các điện trở R_1 và R_2 được chọn để cho hiệu điện thế của U_{BE} vào khoảng 0,7 V, đủ để phân cực thuận lớp chuyển tiếp $B - E$, với R_2 vào khoảng 5 ÷ 10 kΩ. Điện trở tải R_T được chọn sao cho hiệu điện thế giữa colectơ và êmitơ vào cỡ $\frac{\mathscr{E}_C}{2}$. Tín hiệu điện cần khuếch đại đưa vào chân bazơ và êmitơ (lối vào) và lấy ra trên điện trở tải hoặc giữa chân colectơ và êmitơ (lối ra). Các tụ điện C_1 và C_2 được dùng khi chỉ muốn khuếch đại tín hiệu điện xoay chiều. Để khuếch đại những tín hiệu rất yếu, ta có thể mắc nối tiếp nhiều tầng khuếch đại với nhau, lối vào của tầng sau nối với lối ra của tầng trước.



Hình 17.10

Sơ đồ nguyên lí của mạch khuếch đại dùng tranzito n–p–n

Ngày nay, người ta đã chế tạo những vi mạch khuếch đại hoàn chỉnh bằng tranzito trên một mảnh silic diện tích khoảng 1/4 mm^2 và gọi là *bộ khuếch đại thuật toán* (viết tắt là bộ KĐTT). Bộ KĐTT phổ biến là vi mạch µA 741. Hình 17.11 vẽ hình dạng bên ngoài của vi mạch KĐTT, kí hiệu thường dùng của nó, và mạch đo nhiệt độ dùng cặp nhiệt điện lắp bằng bộ KĐTT. Mạch này dùng hai nguồn điện 9 V mắc nối tiếp, điểm giữa nối đất. Chân 7 ở điện thế + 9 V, chân 4 ở điện thế – 9 V. Tín hiệu cần khuếch đại đưa vào các chân 2 và 3, tín hiệu lấy ra được đưa vào milivôn kế *V* mắc giữa chân 6 và đất. Hệ số khuếch đại (tỉ số của hiệu điện thế ở lối ra và hiệu điện thế ở lối vào) là $k = \frac{R_1}{R_2}$, và không phụ thuộc loại bộ KĐTT. Nếu dùng cặp nhiệt điện đồng – constantan, (α_T = 40 µV/K), ta có thể chọn R_1 = 250 kΩ, R_2 = 10 kΩ thì mỗi độ chia trên milivôn kế sẽ tương ứng với 1°C.



Hình 17.11

Bộ KĐTT và ứng dụng :

a) Hình dạng bên ngoài của bộ KĐTT.

b) Kí hiệu thường dùng của bộ KĐTT.

c) Sơ đồ máy đo nhiệt độ dùng cặp nhiệt điện đồng – constantan lắp bằng bộ KĐTT.

18 Thực hành : KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH CHỈNH LƯU CỦA ĐIÔT BÁN DẪN VÀ ĐẶC TÍNH KHUẾCH ĐẠI CỦA TRANZITO

Các loại linh kiện bán dẫn có đặc tính rất khác nhau, tuỳ thuộc số lượng và cấu tạo của các lớp chuyển tiếp *p–n* được hình thành trong mỗi loại linh kiện. Thực vậy, điôt có đặc tính chỉnh lưu dòng điện chỉ do tác dụng của một lớp chuyển tiếp *p–n*, tranzito có đặc tính khuếch đại dòng điện (hoặc điện áp) do tác dụng của hai lớp chuyển tiếp *p–n* được hình thành bởi một miền *p* rất mỏng kẹp giữa hai miền *n*, hoặc bởi một miền *n* rất mỏng kẹp giữa hai miền *p*. Những đặc tính này sẽ được lần lượt khảo sát trong thí nghiệm dưới đây.

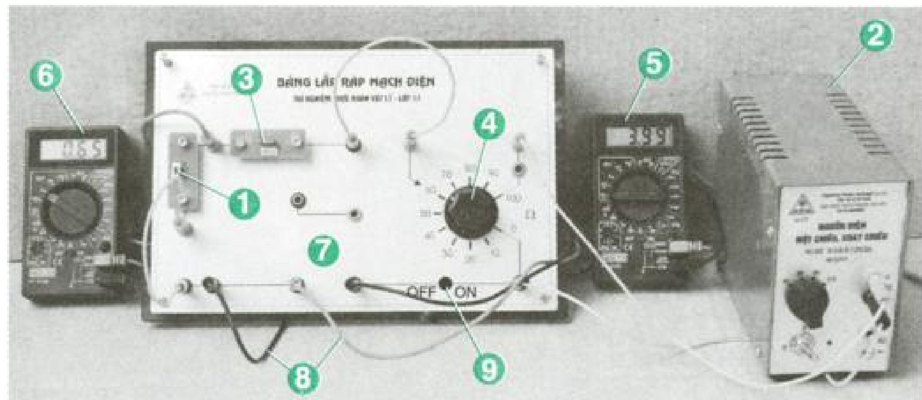
A - KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH CHỈNH LƯU CỦA ĐIÔT BÁN DẪN

I - MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

1. Khảo sát đặc tính chỉnh lưu của điôt.
2. Vẽ đặc tuyến vôn – ampe của điôt.

II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Bộ thiết bị thí nghiệm "Khảo sát đặc tính chỉnh lưu của điôt bán dẫn" được bố trí như Hình 18.1.



Hình 18.1

1. Điôt chỉnh lưu (loại D 4007).
2. Nguồn điện U (AC – DC : 0–3–6–9–12V/3A).
3. Điện trở bảo vệ R_0 = 820 Ω.
4. Biến trở núm xoay R (loại 10 Ω × 10).
5. Đồng hồ đo điện đa năng hiện số (DT-830B) dùng làm chức năng miliampe kế một chiều A.

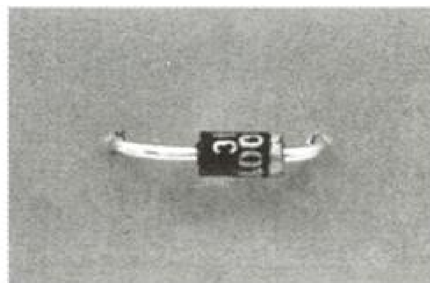
6. Đồng hồ đo điện đa năng hiện số (DT-830B) dùng làm chức năng vôn kế một chiều V.

7. Bảng lắp ráp mạch điện.

8. Bộ dây dẫn nối mạch điện có hai đầu phích cắm.

9. Khoá đóng – ngắt mạch điện K.





b) Ảnh chụp điôt

Hình 18.2

III - CƠ SỞ LÍ THUYẾT

Điôt chỉnh lưu là linh kiện bán dẫn được cấu tạo bởi một lớp chuyển tiếp p–n hình thành tại chỗ tiếp xúc giữa hai miền mang tính dẫn p và tính dẫn n trên một tinh thể bán dẫn.

Điện cực nối với miền p gọi là anôt A, điện cực nối với miền n gọi là catôt K. Điôt chỉnh lưu được kí hiệu như Hình 18.2a.

Do tác dụng của lớp chuyển tiếp p–n nên điôt bán dẫn có đặc tính chỉnh lưu dòng điện, tức là nó chỉ cho dòng điện chạy qua theo chiều thuận từ miền p sang miền n (xem mục IV, bài 17). **C1**

C1 Chiều thuận của điôt bán dẫn vẽ trên Hình 18.2 hướng theo chiều từ anôt A sang catôt K hay theo chiều ngược lại ?

Trong thí nghiệm này, ta sử dụng các đồng hồ đo điện đa năng hiện số DT-830B để khảo sát đặc tính chỉnh lưu dòng điện của điôt bán dẫn.

IV - GIỚI THIỆU DỤNG CỤ ĐO

Đồng hồ đo điện đa năng hiện số kiểu DT-830B là dụng cụ đo điện hiện đại, có nhiều thang đo với các chức năng khác nhau (xem mục IV, bài 12). **C2**

C2 Hãy cho biết chức năng và thang đo của đồng hồ đo điện đa năng hiện số DT-830B khi núm xoay của nó được đặt ở các vị trí sau : DCV 20, DCV 2000m, DCA 200m, DCA 200μ.

V - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

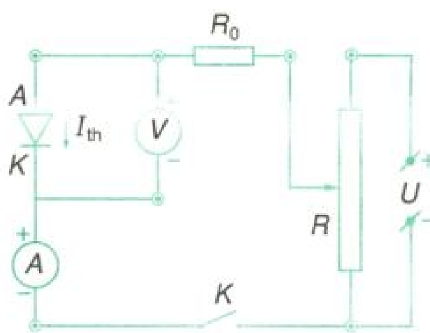
1. Khảo sát dòng điện thuận chạy qua điôt

a) Mắc điôt AK và điện trở bảo vệ R_0 theo sơ đồ mạch điện Hình 18.3, trong đó chú ý đặt đúng :

– Khoá K ở vị trí ngắt điện (OFF) ;

– Nguồn điện U ở vị trí 6 V một chiều ;

– Biến trở R nối với hai cực của nguồn điện U theo kiểu phân áp ;



Hình 18.3

– Điôt AK phân cực *thuận* : anôt A nối với cực dương, catôt K nối với cực âm của nguồn điện U ;

– Vôn kế V ở vị trí DCV 20, mắc song song với điôt AK ;

– Miliampe kế A ở vị trí DCA 20m, mắc nối tiếp với đoạn mạch chứa điôt AK và vôn kế. **C3**

C3 Hãy nói rõ chức năng hoạt động của biến trở R, miliampe kế A, vôn kế V và điện trở bảo vệ R_0 mắc trong mạch điện Hình 18.3.

b) Cắm phích lấy điện của nguồn điện U vào ổ điện ~ 220 V. Gạt công tắc của nguồn điện U về bên phải : đèn tín hiệu LED phát sáng, báo hiệu nguồn điện đã hoạt động.

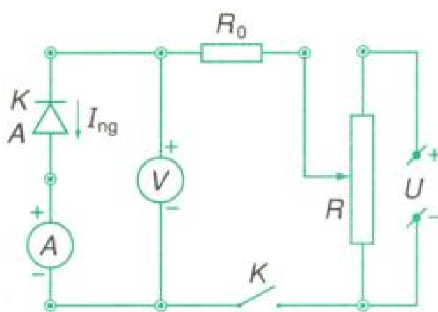
c) Gạt núm bật – tắt của miliampe kế A và vôn kế V sang vị trí "ON" để các chữ số hiển thị trên màn hình.

d) Đóng khoá K và vặn núm xoay của biến trở R đến vị trí sao cho hiệu điện thế giữa hai cực của điôt AK hiển thị trên vôn kế V có giá trị $U = 0$. Sau đó, thay đổi vị trí núm xoay của biến trở R để tăng dần hiệu điện thế U (tới giá trị khoảng 0,70 V).

Ghi các giá trị cường độ dòng điện I_{th} hiển thị trên miliampe kế A tương ứng với các giá trị hiệu điện thế U vào Bảng thực hành 18.1.

2. Khảo sát dòng điện ngược chạy qua điôt

a) Gạt công tắc của nguồn điện U về bên trái để ngắt điện. Mắc điôt AK, miliampe kế A và vôn kế V theo Hình 18.4, trong đó chú ý đặt đúng :



Hình 18.4

– Khoá K ở vị trí ngắt điện (OFF) ;

– Nguồn điện U ở vị trí 6 V một chiều ;

– Biến trở R nối với hai cực của nguồn điện U theo kiểu phân áp ;

– Điôt AK phân cực *ngược* : anôt A nối với cực âm, catôt K nối với cực dương của nguồn điện U ;

– Miliampe kế A ở vị trí DCA 200μ, mắc nối tiếp với điôt AK ;

– Vôn kế V ở vị trí DCV 20, mắc song song với đoạn mạch chứa điôt AK và miliampe kế A.

b) Gạt công tắc của nguồn điện U về bên phải để đóng điện. Đóng khoá K và vặn núm xoay của biến trở R đến vị trí sao cho hiệu điện thế giữa hai cực của điôt AK hiển thị trên vôn kế V có giá trị $U = 0$.

c) Thay đổi vị trí núm xoay của biến trở R để tăng dần hiệu điện thế U.

Ghi các giá trị cường độ dòng điện ngược I_{ng} hiển thị trên miliampe kế A tương ứng với các giá trị hiệu điện thế U vào Bảng thực hành 18.1.

d) Gạt công tắc của nguồn điện U về bên trái để ngắt điện. **C4**

C4 So sánh cách mắc miliampe kế A và vôn kế V trong hai sơ đồ :

– Điôt phân cực thuận (Hình 18.3) ;

– Điôt phân cực ngược (Hình 18.4).

Giải thích tại sao.

B - KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH KHUẾCH ĐẠI CỦA TRANZITO

I - MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

1. Khảo sát đặc tính khuếch đại của tranzito bằng một mạch điện đơn giản.

2. Xác định hệ số khuếch đại dòng của mạch tranzito.

II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Bộ thiết bị thí nghiệm "Khảo sát đặc tính khuếch đại của tranzito" được bố trí như Hình 18.5.

1. Tranzito lưỡng cực n–p–n (loại C 828).

2. Nguồn điện U (AC–DC : 0–3–6–9–12V/3A).

3. Biến trở núm xoay R (loại 10 Ω × 10).

4. Điện trở : $R_B = 300$ kΩ.

5. Điện trở $R_C = 820$ Ω.

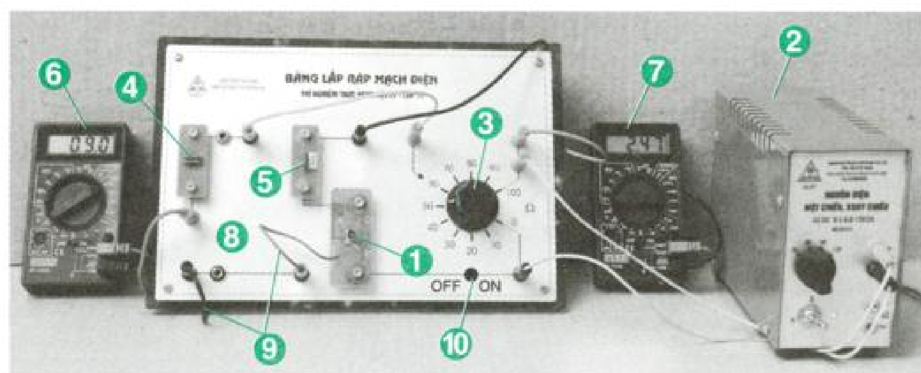
6. Đồng hồ đo điện đa năng hiện số (DT-830B) dùng làm chức năng micrôampe kế một chiều A_1.

7. Đồng hồ đo điện đa năng hiện số (DT-830B) dùng làm chức năng miliampe kế một chiều A_2.

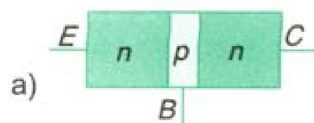
8. Bảng lắp ráp mạch điện.

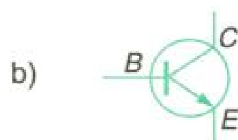
9. Bộ dây dẫn nối mạch điện có hai đầu phích cắm.

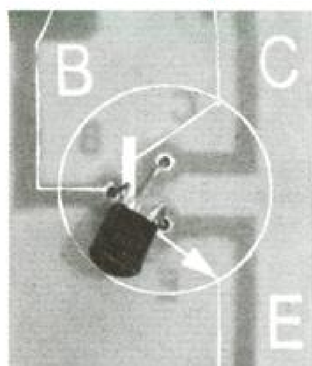
10. Khoá đóng – ngắt mạch điện K.



Hình 18.5

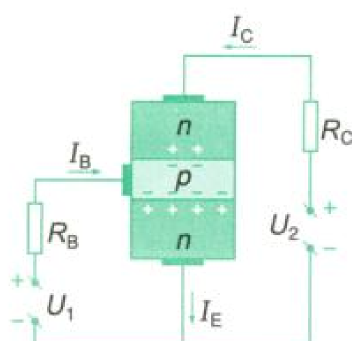




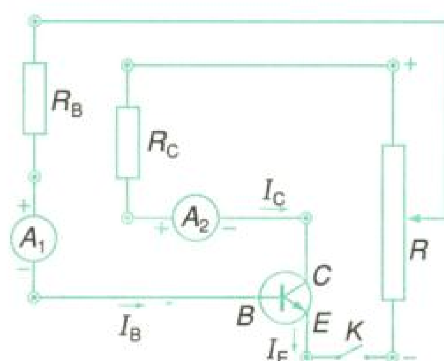


c) Ảnh chụp tranzito

Hình 18.6



Hình 18.7



Hình 18.8

III - CƠ SỞ LÍ THUYẾT

Tranzito (lưỡng cực) n–p–n là dụng cụ bán dẫn, được cấu tạo từ một tinh thể bán dẫn có một miền mang tính dẫn p rất mỏng kẹp giữa hai miền mang tính dẫn n (Hình 18.6a).

Điện cực nối với miền n có mật độ êlectron rất lớn gọi là cực êmitơ E, điện cực nối với miền n còn lại gọi là cực colectơ C, điện cực nối với miền p ở giữa gọi là cực bazơ B. Tranzito n–p–n được kí hiệu như Hình 18.6b.

Để tranzito hoạt động, ta phải đặt nguồn điện có hiệu điện thế U_1 vào giữa hai cực B–E và phải đặt nguồn điện có hiệu điện thế U_2 (với $U_2 > U_1$) vào giữa hai cực C–E, sao cho lớp chuyển tiếp B–E phân cực thuận và lớp chuyển tiếp C–B phân cực ngược (Hình 18.7). Tranzito có tác dụng khuếch đại cường độ dòng điện hoặc hiệu điện thế – gọi chung là khuếch đại tín hiệu điện (xem mục V, bài 17).

Trong thí nghiệm này, ta sử dụng các đồng hồ đo điện đa năng hiện số DT-830B để khảo sát đặc tính khuếch đại dòng điện của tranzito n–p–n bằng một mạch điện đơn giản (Hình 18.8).

IV - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

1. Mắc tranzito n–p–n và các đồng hồ đo điện đa năng hiện số DT-830B theo Hình 18.8, trong đó chú ý đặt đúng :

– Khoá K ở vị trí ngắt điện (OFF) ;

– Nguồn điện U ở vị trí 6 V một chiều ;

– Biến trở R nối với hai cực dương và âm của nguồn điện một chiều U theo kiểu phân áp ;

– Micrôampe kế A_1 ở vị trí DCA 200μ, mắc nối tiếp với điện trở $R_B = 300\ k\Omega$ và cực bazơ B của tranzito ;

– Miliampe kế A_2 ở vị trí DCA 20m, mắc nối tiếp với điện trở $R_C \approx 820\ \Omega$ và cực colectơ C của tranzito.

C5

2. Gạt công tắc của nguồn điện U về bên phải. Đóng khoá K và vặn núm xoay của biến trở R đến vị trí sao cho micrôampe kế A_1 chỉ cường độ dòng điện I_B lớn nhất. Ghi giá trị tương ứng của cường độ dòng điện I_B trên micrôampe kế A_1 và cường độ dòng điện I_C trên miliampe kế A_2 vào Bảng thực hành 18.2.

3. Thực hiện năm lần động tác trên, mỗi lần lại thay đổi vị trí núm xoay của biến trở R từ 100 Ω đến 50 Ω (mỗi lần giảm 10 Ω) để giảm dần cường độ dòng điện I_B. Ghi giá trị tương ứng của cường độ dòng điện I_B và cường độ dòng điện I_C vào Bảng thực hành 18.2.

4. Tắt điện của các đồng hồ hiện số A_1, A_2 và nguồn điện một chiều U khi thực hiện xong các phép đo.

C5 Trong thí nghiệm này, tại sao phải dùng micrôampe kế đặt ở vị trí DCA 200μ để đo cường độ dòng bazơ I_B và dùng miliampe kế đặt ở vị trí DCA 20m để đo dòng colectơ I_C ?

BÁO CÁO THỰC HÀNH

Họ và tên .... Lớp .... Tổ ....

1. Tên bài thực hành :

....

2. Bảng thực hành 18.1 : ***Khảo sát đặc tính chỉnh lưu của điôt bán dẫn***

Điôt phân cực thuận		Điôt phân cực ngược	
U (V)	I_{th} (mA)	U (V)	I_{ng} (μA)
0,00	.	0,00	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

a) Vẽ đồ thị $I = f(U)$ biểu diễn cường độ dòng điện I chạy qua điôt bán dẫn phụ thuộc hiệu điện thế U giữa hai cực của nó.

b) Nhận xét và kết luận :

– Cường độ dòng điện chạy qua điôt phân cực thuận có giá trị .... trong khoảng hiệu điện thế U từ 0 đến............... và nó chỉ bắt đầu................ mạnh khi hiệu điện thế U tiếp tục tăng đến giá trị lớn hơn...............

– Cường độ dòng điện chạy qua điôt phân cực ngược có giá trị bằng .... với mọi giá trị của hiệu điện thế U từ 0 đến khoảng ....

– Các kết quả nêu trên chứng tỏ điôt bán dẫn có đặc tính .... , tức là chỉ cho dòng điện chạy qua nó theo chiều từ cực............sang cực ....

3. Bảng thực hành 18.2 : *Khảo sát đặc tính khuếch đại của tranzito*

Với $R_C \approx 820\ \Omega$					
Lần đo					
I_B (μA)					
I_C (mA)					
$\beta = \frac{I_C}{I_B}$					

a) Tính hệ số khuếch đại dòng β của mạch tranzito ứng với mỗi lần đo.

b) Tính giá trị trung bình của β và sai số lớn nhất $(\Delta\beta)_{max}$:

$\overline{\beta}$ = ...

$(\Delta\beta)_{max}$ = ...

c) Ghi kết quả của phép đo :

$\beta = \overline{\beta} \pm (\Delta\beta)_{max}$ = ...±....................................

d) Vẽ đồ thị $I_C = f(I_B)$ biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng colectơ I_C vào cường độ dòng I_B trong mạch tranzito.

CÂU HỎI

1. Mô tả nguyên tắc cấu tạo của điôt chỉnh lưu. Vẽ kí hiệu của điôt này kèm theo tên gọi các điện cực của nó.

2. Điôt chỉnh lưu có đặc tính gì ? Hãy nói rõ chiều của dòng điện chạy qua điôt này. Giải thích tại sao.

3. Vẽ sơ đồ mạch điện dùng khảo sát đặc tính chỉnh lưu của điôt bán dẫn trong hai trường hợp :

   a) Điôt phân cực thuận.

   b) Điôt phân cực ngược.

4. Mô tả nguyên tắc cấu tạo của tranzito (lưỡng cực) *n–p–n*. Vẽ kí hiệu của tranzito này kèm theo tên gọi các điện cực của nó.

5. Tranzito có đặc tính gì ? Muốn dùng tranzito *n–p–n* để khuếch đại dòng điện, ta phải nối các điện cực của nó với các nguồn điện như thế nào ?

6. Vẽ sơ đồ mạch điện dùng khảo sát đặc tính khuếch đại của mạch tranzito *n–p–n*. Nói rõ chiều của các dòng điện chạy trong mạch điện của tranzito đó.

Tổng kết chương III — DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

1. Kim loại

- Hạt tải điện là êlectron tự do với mật độ n = hằng số.

- Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron tự do dưới tác dụng của điện trường.

- Điện trở suất của kim loại tăng khi nhiệt độ tăng :

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(t - t_0)]$$

2. Chất điện phân

- Chất điện phân là các dung dịch axit, bazơ, muối hoặc các hợp chất này nóng chảy.

- Hạt tải điện là các ion dương và ion âm bị phân li từ phân tử chất điện phân.

- Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của các ion trong điện trường.

- Hiện tượng điện phân là hiện tượng dòng điện tách các hợp chất thành các thành phần hoá học và đưa chúng đến các điện cực.

- Khối lượng của chất được giải phóng ở điện cực tuân theo định luật Fa-ra-đây :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} It$$

- Ứng dụng : Điều chế clo, xút, luyện kim (nhôm), mạ điện,...

3. Chất khí

- Chất khí vốn không có hạt tải điện. Các hạt tải điện (êlectron, ion) được tạo ra nhờ tác nhân ion hoá.

- Dòng điện trong chất khí là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron và các ion trong điện trường.

- Dẫn điện không tự lực : Biến mất khi không còn tác nhân ion hoá.

- Dẫn điện tự lực : Duy trì được nhờ tự tạo ra hạt tải điện ban đầu và nhân số hạt tải điện ấy lên nhiều lần nhờ dòng điện chạy qua.

– Hồ quang điện : Tự tạo ra êlectron nhờ phát xạ nhiệt êlectron từ catôt nóng. Nhiệt độ catôt được duy trì nhờ dòng điện. Ứng dụng : làm đèn ống, hàn điện.

– Tia lửa điện : Tự tạo ra êlectron và ion dương nhờ ion hoá chất khí bằng điện trường mạnh. Xảy ra trong tia sét. Ứng dụng : làm bugi ô tô, xe máy.

4. Chân không

- Chân không vốn không có hạt tải điện. Dẫn điện được khi đưa êlectron vào.
- Dòng điện trong chân không là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron.
- Điôt chân không có tính chỉnh lưu.
- Tia catôt (tia âm cực) là chùm êlectron bay tự do. Tia catôt mang năng lượng cao.
- Tia catôt có thể được tạo ra bằng phóng điện qua chất khí ở áp suất thấp hoặc bằng súng êlectron.
- Ứng dụng : làm điôt chân không, ống phóng điện tử và đèn hình.

5. Chất bán dẫn

- Giá trị của điện trở suất nằm trung gian giữa điện trở suất của kim loại và điện trở suất của điện môi.
- Hạt tải điện trong chất bán dẫn :

– là êlectron nhưng thể hiện dưới hai dạng : *êlectron tự do (tích* điện âm) và lỗ trống (tích điện dương).

– là do chuyển động nhiệt hoặc các tác nhân ion hoá khác sinh ra.

- Dòng điện trong chất bán dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron tự do và lỗ trống dưới tác dụng của điện trường.
- Bán dẫn loại n : chứa tạp chất đôno, mật độ êlectron rất lớn so với mật độ lỗ trống.
- Bán dẫn loại p : chứa tạp chất axepto, mật độ lỗ trống rất lớn so với mật độ êlectron.
- Lớp chuyển tiếp p–n có tính chỉnh lưu, dùng làm điôt bán dẫn.
- Cấu trúc n–p–n với miền p rất mỏng có hiệu ứng tranzito và khả năng khuếch đại dòng điện, được dùng làm tranzito.

19 TỪ TRƯỜNG

Trong chương I, chúng ta đã nghiên cứu lực điện – lực tương tác giữa các điện tích đứng yên. Nguồn gốc của lực điện là điện trường.

Một vấn đề tự nhiên được đặt ra là khi các điện tích chuyển động thì lực tương tác giữa chúng ra sao ? Chúng gây ra loại trường gì ?

I - NAM CHÂM

1. Từ rất lâu trong lịch sử, loài người đã nhận thấy một vài loại quặng sắt có khả năng hút được sắt vụn. Loại quặng sắt đó được gọi là *nam châm*. Về sau người ta nhận thấy vật liệu dùng để làm nam châm thường là các chất (hoặc là các hợp chất của chúng) : sắt, niken, côban, mangan, gađôlinium, disprôsium. **C1**

C1 Vật liệu nào sau đây *không thể* làm nam châm ?

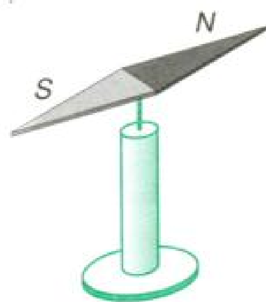
A. Sắt non.

B. Đồng ôxit.

C. Sắt ôxit.

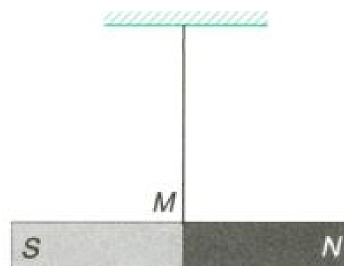
D. Mangan ôxit.

2. Trên một nam châm, có những miền hút sắt vụn mạnh nhất : đó là các *cực* của nam châm. *Mỗi nam châm bao giờ cũng có hai loại cực phân biệt*. Một kim nam châm nhỏ được đặt tự do và có thể quay xung quanh một trục thẳng đứng đi qua trọng tâm của kim (Hình 19.1), nếu không có một nam châm nào khác (hoặc một dòng điện nào) đặt gần kim nam châm ấy, thì ta thấy nó luôn nằm theo hướng Nam – Bắc. Do vậy, hai cực của nam châm cũng được đặt tên là *cực Nam và cực Bắc*, kí hiệu là *S* (South) và *N* (North).



Hình 19.1 *Kim nam châm*

3. Thực nghiệm chứng tỏ rằng, giữa các nam châm có tương tác với nhau thông qua các lực đặt vào các cực. Cụ thể là hai cực của hai nam châm đặt gần nhau sẽ đẩy nhau khi chúng cùng tên và hút nhau khi chúng khác tên. Lực tương tác đó được gọi là *lực từ* và các nam châm được gọi là *có từ tính*. **C2**



Hình 19.2

C2 Một thanh nam châm *M* được giữ thăng bằng nằm ngang bằng một sợi dây thẳng đứng đi qua trọng tâm của nó (Hình 19.2). Người quan sát cầm một thanh nam châm thứ hai sao cho không được chạm vào thanh nam châm *M*. Hỏi phải đặt thanh nam châm thứ hai như thế nào để cho cực Bắc của thanh nam châm *M* :

a) đi lên ? b) đi xuống ?

c) chuyển động theo đường tròn trong mặt phẳng nằm ngang ?

II - TỪ TÍNH CỦA DÂY DẪN CÓ DÒNG ĐIỆN

1. Thực nghiệm chứng tỏ rằng, dây dẫn có dòng điện (gọi tắt là dòng điện) cũng có từ tính *như nam châm*. Cụ thể là :

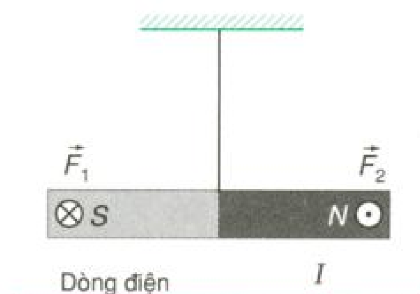
a) Dòng điện có thể tác dụng lực lên nam châm ;

b) Nam châm có thể tác dụng lực lên dòng điện ;

c) Hai dòng điện có thể tương tác với nhau.

Trên Hình 19.3, dòng điện có cường độ *I* chạy trong dây dẫn cố định đặt song song với một nam châm. Dưới tác dụng của lực từ do dòng điện gây ra, cực Bắc của nam châm dịch chuyển về phía trước hình vẽ, cực Nam của nam châm dịch chuyển về phía sau.

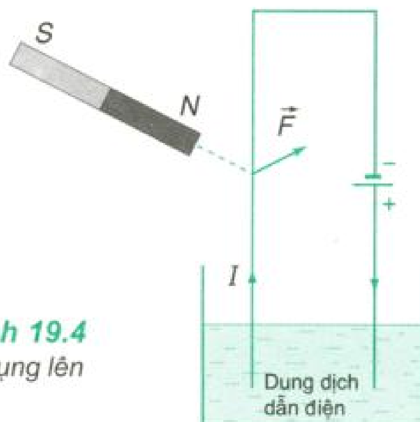
Trên Hình 19.4, nam châm cố định tác dụng lực từ $\vec{F}$ lên đoạn dây dẫn có dòng điện *I*. Ở đây, đoạn dây dẫn có một đầu nhúng vào một dung dịch dẫn điện để khép kín dòng điện, đồng thời đoạn dây dẫn ấy cũng có thể xê dịch tuỳ theo tác dụng của lực từ do nam châm gây ra.



Hình 19.3

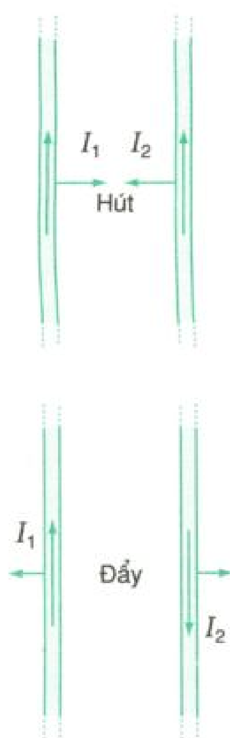
Lực từ do dòng điện tác dụng lên nam châm

Trên Hình 19.3, kí hiệu ⊗ có nghĩa là lực $\vec{F}_1$ hướng về phía sau mặt phẳng hình vẽ ; kí hiệu ⊙ có nghĩa là lực $\vec{F}_2$ hướng về phía trước mặt phẳng hình vẽ.



Hình 19.4

Lực từ do nam châm tác dụng lên dòng điện



Hình 19.5
Lực tương tác giữa hai dòng điện thẳng song song

Trên Hình 19.5, hai dây dẫn song song có các dòng điện I_1, I_2 tác dụng lên nhau lực hút khi I_1 và I_2 cùng chiều, lực đẩy khi I_1 và I_2 ngược chiều.

2. Kết luận

Giữa hai dây dẫn có dòng điện (gọi tắt là hai dòng điện), giữa hai nam châm, giữa một dòng điện và một nam châm đều có lực tương tác ; những lực tương tác ấy gọi là *lực từ*. Ta cũng nói dòng điện và nam châm có *từ tính*.

III - TỪ TRƯỜNG

1. Trong chương I, để giải thích sự xuất hiện của lực điện, người ta đưa ra khái niệm điện trường.

Trong chương này, chúng ta dùng phương pháp so sánh tương tự để giải thích sự xuất hiện của lực từ.

Xung quanh một dòng điện hay một nam châm tồn tại một từ trường. Chính từ trường này đã gây ra lực từ tác dụng lên một dòng điện khác hay một nam châm khác đặt trong đó.

2. Định nghĩa

Từ trường là một dạng vật chất tồn tại trong không gian mà biểu hiện cụ thể là sự xuất hiện của lực từ tác dụng lên một dòng điện hay một nam châm đặt trong đó.

3. Để phát hiện sự tồn tại của từ trường trong một khoảng không gian nào đó, người ta sử dụng kim nam châm nhỏ, đặt tại những vị trí bất kì trong khoảng không gian ấy. Nếu không có tác dụng của từ trường của một dòng điện hay một nam châm thì kim nam châm nói trên luôn nằm theo hướng Nam – Bắc. Khi có tác dụng của từ trường của một dòng điện hay một nam châm, kim nam châm nói trên sẽ quay đến một vị trí cân bằng xác định ; vị trí này tuỳ thuộc vào chỗ đặt kim nam châm trong từ trường.

Người ta quy ước : ***Hướng của từ trường tại một điểm là hướng Nam – Bắc của kim nam châm nhỏ nằm cân bằng tại điểm đó.***

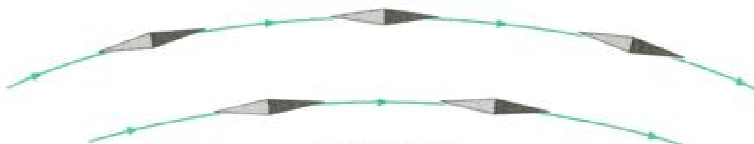
IV - ĐƯỜNG SỨC TỪ

Để biểu diễn về mặt hình học sự tồn tại của từ trường trong không gian, người ta đưa ra khái niệm *đường sức từ.*

1. Định nghĩa

Đường sức từ là những đường vẽ ở trong không gian có từ trường sao cho tiếp tuyến tại mỗi điểm có phương trùng với phương của từ trường tại điểm đó.

Đồng thời, người ta cũng quy ước *chiều của đường sức từ* tại một điểm là chiều của từ trường tại điểm đó.



Hình 19.6
Đường sức từ

Có thể quan sát hình dạng của những đường sức từ bằng thí nghiệm *từ phổ* : rắc mạt sắt lên một tấm kính (hay nhựa trong) nhẵn và đưa vào trong từ trường cần quan sát. Do tác dụng của từ trường đó, các mạt sắt trở thành những nam châm nhỏ (bị *từ hoá*). Các nam châm nhỏ đó sẽ sắp xếp theo những đường sức từ.

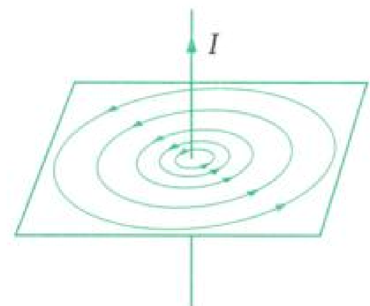
2. Các ví dụ về đường sức từ

Ví dụ 1 : Từ trường của dòng điện thẳng rất dài

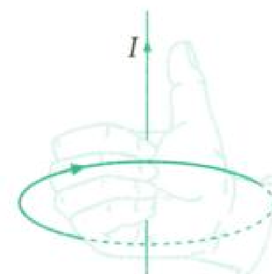
Thí nghiệm từ phổ cho kết quả về các đường sức từ gây bởi một dòng điện thẳng rất dài có cường độ I (Hình 19.7a) :

a) Là những đường tròn nằm trong những mặt phẳng vuông góc với dòng điện và có tâm nằm trên dòng điện ;

b) Có chiều được xác định bởi *quy tắc nắm tay phải* sau đây (Hình 19.7b) :

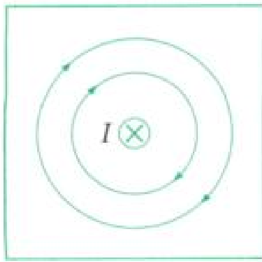


a) Đường sức từ của dòng điện thẳng

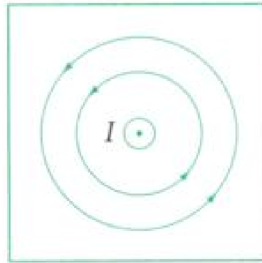


b) Quy tắc nắm tay phải

Hình 19.7



a) Dòng điện thẳng có chiều hướng về phía sau mặt phẳng hình vẽ.



b) Dòng điện thẳng có chiều hướng về phía trước mặt phẳng hình vẽ.

Hình 19.8
Đường sức từ của dòng điện thẳng

Để bàn tay phải sao cho ngón cái nằm dọc theo dây dẫn và chỉ theo chiều dòng điện, khi đó các ngón kia khum lại cho ta chiều của các đường sức từ.

Hình 19.8 biểu diễn đường sức từ của dòng điện thẳng.

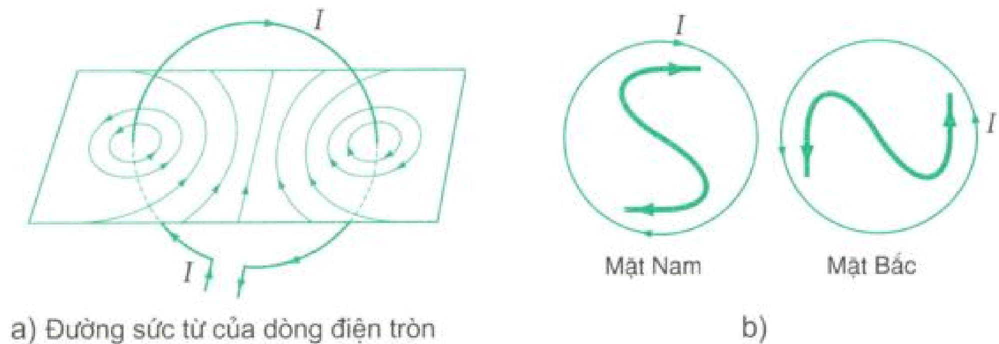
Ví dụ 2 : Từ trường của dòng điện tròn

Thí nghiệm từ phổ cho ta hình dạng các đường sức từ của dòng điện tròn như Hình 19.9a.

Các đường sức từ của dòng điện tròn đều có chiều cùng đi vào một mặt và đi ra mặt kia của dòng điện tròn ấy. Để có thể phát biểu quy tắc về chiều của các đường sức từ đó, ta định nghĩa *mặt Nam* của dòng điện tròn là mặt khi nhìn vào ta thấy *dòng điện chạy theo chiều kim đồng hồ*, còn *mặt Bắc* thì ngược lại (Hình 19.9b). Khi đó có thể phát biểu :

Các đường sức từ của dòng điện tròn có chiều đi vào mặt Nam và đi ra từ mặt Bắc của dòng điện tròn ấy.

Hình 19.9



a) Đường sức từ của dòng điện tròn b)

Hình 19.9b cho một phương pháp xác định nhanh chiều dòng điện của một dòng điện tròn tại mặt Nam hay mặt Bắc.

– Tại mặt Nam (South) : viết chữ *S* rồi đánh dấu mũi tên vào hai đầu chữ *S*.

– Tại mặt Bắc (North) : viết chữ *N* rồi đánh dấu mũi tên vào hai đầu chữ *N*.

Chiều của mũi tên ở hai đầu chữ *S* và chữ *N* chỉ chiều của dòng điện tròn tương ứng.

3. Các tính chất của đường sức từ

Các đường sức từ có những tính chất sau :

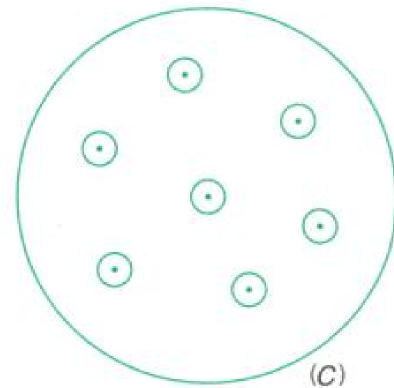
a) Qua mỗi điểm trong không gian chỉ vẽ được một đường sức từ.

b) Các đường sức từ là những đường cong khép kín hoặc vô hạn ở hai đầu.

c) Chiều của các đường sức từ tuân theo những quy tắc xác định (quy tắc nắm tay phải, quy tắc vào Nam ra Bắc).

d) Người ta quy ước vẽ các đường sức từ sao cho chỗ nào từ trường mạnh thì các đường sức từ mau và chỗ nào từ trường yếu thì các đường sức từ thưa. **C3**

C3 Xác định chiều dòng điện chạy trong vòng tròn (*C*) ở Hình 19.10. Cho biết đường sức từ có chiều hướng về phía trước mặt phẳng chứa vòng tròn (*C*).



Hình 19.10

V - TỪ TRƯỜNG TRÁI ĐẤT

Từ thời cổ, loài người đã biết sử dụng la bàn để xác định phương hướng.

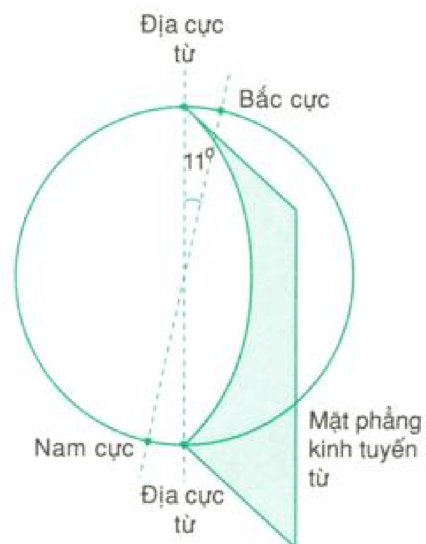
Bộ phận chính của la bàn là một kim nam châm có thể quay tự do xung quanh một trục cố định đi qua trọng tâm của nó. Đặt la bàn tại một vị trí xác định, xa các nam châm khác và các dòng điện, kim nam châm của la bàn luôn luôn nằm theo một hướng xác định không đổi, gần trùng với hướng Nam – Bắc. Xê dịch la bàn sang những vị trí khác (không quá xa vị trí cũ), ta thấy hướng của kim nam châm vẫn không đổi. Đó là do kim nam châm luôn luôn chịu tác dụng của *từ trường Trái Đất* (địa từ trường).

Phân tích sự biến thiên của từ trường Trái Đất tại một vị trí xác định trong một khoảng thời gian dài, người ta nhận thấy, từ trường Trái Đất thay đổi và có thể viết dưới dạng tổng hợp của hai thành phần. Thành phần thứ nhất được coi là không đổi gọi là *địa từ trường trung bình*. Năm 1839, Gao-xơ đã chứng minh rằng địa từ trường trung bình có thể coi là từ trường gây bởi một thanh nam châm khổng lồ nằm trong lòng Trái Đất, hai đầu nam châm này hướng về hai *địa cực từ*. Góc tạo bởi trục quay của Trái Đất và nam châm khổng lồ đó bằng 11° (Hình 19.11). Thành phần thứ hai biến thiên phức tạp và cũng nhỏ hơn thành phần thứ nhất nhiều, nên không xét ở đây.

Những kiến thức đã biết : Trục quay của Trái Đất nối liền hai *địa cực* : *Bắc cực* và *Nam cực*. Xét một điểm trên mặt đất thì :

a) *Đường thẳng đứng* là đường nối điểm đó đến tâm của Trái Đất.

b) *Mặt phẳng kinh tuyến* là mặt phẳng chứa điểm đó và trục quay của Trái Đất.



Hình 19.11 *Từ trường Trái Đất*

- **Xung quanh một nam châm hay một dòng điện tồn tại một từ trường.**
- **Từ trường là một dạng vật chất, mà biểu hiện cụ thể là sự xuất hiện lực từ tác dụng lên một nam châm hay một dòng điện đặt trong khoảng không gian có từ trường.**
- **Tại một điểm trong khoảng không gian có từ trường, hướng của từ trường là hướng Nam – Bắc của kim nam châm nhỏ nằm cân bằng tại điểm đó.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu định nghĩa từ trường.

2. Phát biểu định nghĩa đường sức từ.

3. So sánh những tính chất của đường sức điện và đường sức từ.

4. So sánh bản chất của điện trường và từ trường.

5. Phát biểu nào dưới đây là *sai* ?

Lực từ là lực tương tác

A. giữa hai nam châm.

B. giữa hai điện tích đứng yên.

C. giữa hai dòng điện.

D. giữa một nam châm và một dòng điện.

6. Phát biểu nào dưới đây là đúng ?

Từ trường không tương tác với

A. các điện tích chuyển động.

B. các điện tích đứng yên.

C. nam châm đứng yên.

D. nam châm chuyển động.

7. Đặt một kim nam châm nhỏ trên mặt phẳng vuông góc với một dòng điện thẳng. Khi cân bằng, kim nam châm đó sẽ nằm theo hướng nào ?

8. Hai kim nam châm nhỏ đặt xa các dòng điện và các nam châm khác ; đường nối hai trọng tâm của chúng nằm theo hướng Nam – Bắc. Khi cân bằng, hướng của hai kim nam châm đó sẽ như thế nào ?

20 LỰC TỪ
CẢM ỨNG TỪ

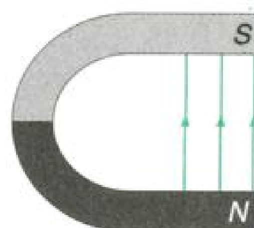
Như đã biết trong chương I, đại lượng đặc trưng cho tác dụng của điện trường là cường độ điện trường. Vậy đại lượng đặc trưng cho tác dụng của từ trường là gì ?

I - LỰC TỪ

Để dễ dàng khảo sát và đo đạc lực từ, trước hết ta hãy tạo ra một từ trường đều.

1. Từ trường đều

Từ trường đều là từ trường mà đặc tính của nó giống nhau tại mọi điểm ; các đường sức từ là những đường thẳng song song, cùng chiều và cách đều nhau.

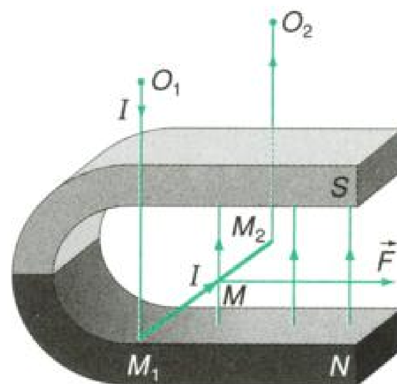


Hình 20.1 Từ trường đều

Từ trường đều có thể được tạo thành giữa hai cực của một nam châm hình chữ *U* (Hình 20.1).

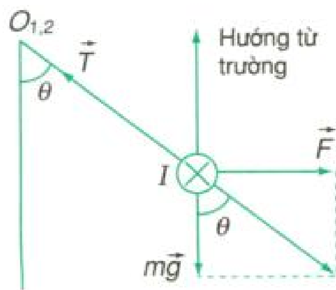
2. Xác định lực từ do từ trường đều tác dụng lên một đoạn dây dẫn có dòng điện

Trong một từ trường đều có các đường sức từ thẳng đứng (tạo bởi một nam châm hình chữ *U*, Hình 20.2a), ta đặt một đoạn dây dẫn $M_1M_2 = l$ vuông góc với các đường sức từ. Giả sử M_1M_2 được treo nằm ngang nhờ hai dây dẫn mảnh cùng độ dài $O_1M_1 = O_2M_2$, có hai đầu O_1 và O_2 được giữ cố định. Dòng điện đi vào O_1 và đi ra O_2 qua dây dẫn M_1M_2 theo chiều từ M_1 đến M_2.



Hình 20.2a
Dòng điện I đi vào O_1 và đi ra O_2 qua đoạn dây dẫn $M_1M_2 = l$ đặt vuông góc với các đường sức từ thẳng đứng của nam châm hình chữ *U*.

Khi chưa có dòng điện qua M_1M_2 thì O_1M_1 và O_2M_2 có phương thẳng đứng, do tác dụng của trọng lực $m\vec{g}$ của M_1M_2 cân bằng với tác dụng của các lực căng.



Hình 20.2b

Xác định lực từ $\vec{F}$ tác dụng lên dòng điện I (hướng vào phía trong).

Khi cho dòng điện có cường độ I chạy qua M_1M_2 thì xuất hiện lực từ $\vec{F}$ tác dụng lên M_1M_2. Thực nghiệm chứng tỏ rằng : $\vec{F} \perp M_1M_2$ và $\vec{F}$ vuông góc với đường sức từ.

Kết quả là $\vec{F}$ có phương nằm ngang và có chiều như Hình 20.2b.

Dưới tác dụng của trọng lực $m\vec{g}$ và lực từ $\vec{F}$, khi cân bằng, tổng $m\vec{g} + \vec{F}$ trực đối với lực căng $\vec{T}$ của hai dây treo. Hai dây O_1M_1 và O_2M_2 lệch góc θ so với phương thẳng đứng. Lực $\vec{F}$ có cường độ được xác định bởi công thức :

$$F = mg\tan\theta \quad (20.1)$$

C1 Hãy thiết lập hệ thức (20.1).

C1

Dễ dàng nhận thấy, hướng dòng điện $\overrightarrow{M_1M_2}$, hướng của từ trường (kí hiệu là $\vec{B}$) và hướng của lực $\vec{F}$ tạo thành một tam diện thuận. **C2**

C2 Nghiệm lại nhận xét : Hướng của dòng điện, từ trường và lực từ tạo thành một tam diện thuận.

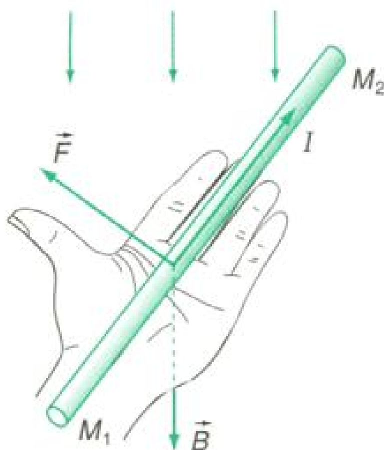
Tam diện thuận : Ba vectơ $\overrightarrow{M_1M_2}$, $\vec{B}$ và $\vec{F}$ không đồng phẳng tạo nên một tam diện thuận khi chúng thoả mãn *quy tắc bàn tay trái* (Hình 20.3) : Để bàn tay trái sao cho $\vec{B}$ hướng vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến ngón giữa là chiều $\overrightarrow{M_1M_2}$, khi đó chiều ngón cái choãi ra chỉ chiều của $\vec{F}$.

II - CẢM ỨNG TỪ

1. Thí nghiệm mô tả ở mục trên cho phép xác định lực từ $\vec{F}$ do từ trường tác dụng lên đoạn dây dẫn $M_1M_2 = l$ có dòng điện cường độ I chạy qua.

Tiếp tục tiến hành thí nghiệm trong đó cho I và l thay đổi, kết quả cho thấy thương số $\frac{F}{Il}$ không thay đổi. Thương số đó chỉ phụ thuộc vào tác dụng của từ trường tại vị trí đặt đoạn dây dẫn M_1M_2. Nói cách khác, có thể coi thương số đó đặc trưng cho tác dụng của từ trường tại vị trí khảo sát. Người ta định nghĩa thương số đó là *cảm ứng từ* tại vị trí đang xét, kí hiệu là B :

$$B = \frac{F}{Il} \quad (20.2)$$



Hình 20.3

Quy tắc bàn tay trái

Trong công thức (20.2), ta đã chọn đơn vị đo các đại lượng sao cho hệ số tỉ lệ bằng 1.

2. Đơn vị cảm ứng từ

Trong hệ SI, đơn vị cảm ứng từ là tesla (T). Trong công thức (20.2), F đo bằng niutơn (N), I đo bằng ampe (A) và l đo bằng mét (m).

Vài ví dụ về cỡ độ lớn của cảm ứng từ $\vec{B}$:

Từ trường	B (T)
– Nam châm điện siêu dẫn	20
– Trên bề mặt của Mặt Trời	5
– Nam châm điện lớn	2
– Nam châm thông thường	10^{-2}
– Kim nam châm	10^{-4}
– Trái Đất	5.10^{-5}

3. Vectơ cảm ứng từ

Người ta biểu diễn cảm ứng từ bằng một vectơ gọi là *vectơ cảm ứng từ*, kí hiệu là $\vec{B}$[1].

Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tại một điểm :

– Có hướng trùng với hướng của từ trường tại điểm đó ;

– Có độ lớn là : $B = \dfrac{F}{Il}$.

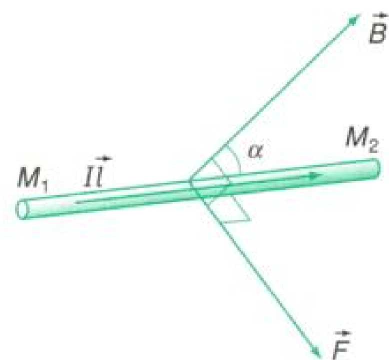
4. Biểu thức tổng quát của lực từ $\vec{F}$ theo $\vec{B}$

Trước hết, ta định nghĩa vectơ *phần tử dòng điện* $I\vec{l}$ là vectơ $I\overrightarrow{M_1M_2}$, cùng hướng với dòng điện và có độ lớn bằng Il. Dựa vào những kết quả thực nghiệm đã nêu ở trên, có thể xác định lực từ $\vec{F}$ tác dụng lên một phần tử dòng điện $I\overrightarrow{M_1M_2} = I\vec{l}$ khi đặt trong một từ trường đều, cảm ứng từ là $\vec{B}$:

Lực từ $\vec{F}$ có điểm đặt tại trung điểm của M_1M_2, có phương vuông góc với $\vec{l}$ và $\vec{B}$, có chiều tuân theo quy tắc bàn tay trái và có độ lớn :

$$F = IlB\sin\alpha \qquad (20.3)$$

trong đó α là góc tạo bởi $\vec{B}$ và $\vec{l}$.



Hình 20.4

(1) Sau này, người ta thường nói tắt : hướng của từ trường và độ lớn của từ trường. Ta hiểu đó chính là hướng của $\vec{B}$ và độ lớn của $\vec{B}$.

Tại mỗi điểm trong không gian có từ trường xác định một vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$:

– Có hướng trùng với hướng của từ trường ;

– Có độ lớn bằng $\frac{F}{Il}$, với F là độ lớn của lực từ tác dụng lên phần tử dòng điện có độ dài l, cường độ I, đặt vuông góc với hướng của từ trường tại điểm đó.

Lực từ $\vec{F}$ tác dụng lên phần tử dòng điện $I\vec{l}$ đặt trong từ trường đều, tại đó cảm ứng từ là $\vec{B}$:

– Có điểm đặt tại trung điểm của l ;

– Có phương vuông góc với $\vec{l}$ và $\vec{B}$;

– Có chiều tuân theo quy tắc bàn tay trái ;

– Có độ lớn :

$$F = IlB\sin\alpha$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu các định nghĩa :

   a) Từ trường đều ;

   b) Lực từ ;

   c) Cảm ứng từ.

2. Phát biểu định nghĩa đơn vị tesla.

3. So sánh lực điện và lực từ.

4. Phát biểu nào dưới đây là *sai* ?

   Lực từ tác dụng lên phần tử dòng điện

   A. vuông góc với phần tử dòng điện.

   B. cùng hướng với từ trường.

   C. tỉ lệ với cường độ dòng điện.

   D. tỉ lệ với cảm ứng từ.

5. Phát biểu nào dưới đây là đúng ?

   Cảm ứng từ tại một điểm trong từ trường

   A. vuông góc với đường sức từ.

   B. nằm theo hướng của đường sức từ.

   C. nằm theo hướng của lực từ.

   D. không có hướng xác định.

6. Phần tử dòng điện $I\vec{l}$ nằm trong từ trường đều có các đường sức từ thẳng đứng. Phải đặt $I\vec{l}$ như thế nào để cho lực từ

   a) nằm ngang ?

   b) bằng 0 ?

7. Phần tử dòng điện $I\vec{l}$ được treo nằm ngang trong một từ trường đều. Hướng và độ lớn của cảm ứng từ $\vec{B}$ phải như thế nào để lực từ cân bằng với trọng lực $m\vec{g}$ của phần tử dòng điện ?

21 TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN CHẠY TRONG CÁC DÂY DẪN CÓ HÌNH DẠNG ĐẶC BIỆT

Xung quanh một dây dẫn có dòng điện tồn tại một từ trường. Tại một điểm trong không gian đó, vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ xác định từ trường phụ thuộc vào những yếu tố nào ?

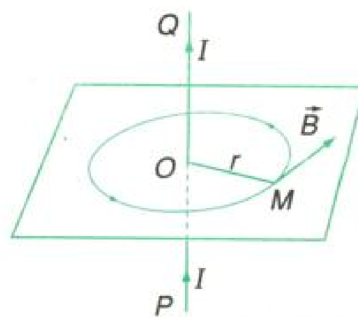
Thực nghiệm và lí thuyết đã xác định được cảm ứng từ $\vec{B}$ tại một điểm cho trước trong từ trường của một dòng điện chạy trong một dây dẫn có hình dạng nhất định. Kết quả cho thấy rằng, cảm ứng từ $\vec{B}$ tại một điểm M :

- Tỉ lệ với cường độ dòng điện I gây ra từ trường ;
- Phụ thuộc vào dạng hình học của dây dẫn ;
- Phụ thuộc vào vị trí của điểm M ;
- Phụ thuộc vào môi trường xung quanh.

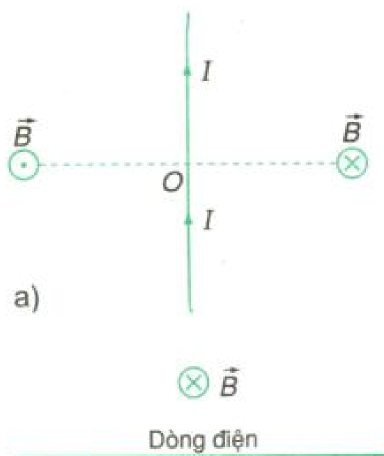
Dưới đây, ta giả thiết môi trường xung quanh là chân không ; một cách gần đúng, những kết quả thu được cũng áp dụng được cho môi trường xung quanh là không khí.

I - TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN CHẠY TRONG DÂY DẪN THẲNG DÀI

Ta hãy xác định cảm ứng từ $\vec{B}$ tại một điểm M gây bởi dòng điện có cường độ I chạy trong dây dẫn thẳng dài PQ. Trước hết, ta xác định đường sức từ đi qua M. Theo bài 19, đường sức từ đi qua M là đường tròn nằm trong mặt phẳng đi qua M vuông góc với dây dẫn, có tâm O nằm trên dây dẫn. Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tiếp xúc với đường tròn đó tại M (Hình 21.1).



Hình 21.1
Cảm ứng từ của dòng điện thẳng



Hình 21.2

C1 Hãy xác định chiều dòng điện trên Hình 21.2b.

Hệ quả : Khi có hai dòng điện I_1 và I_2 chạy trong hai dây dẫn thẳng dài, song song, cách nhau một đoạn r thì từ trường của dòng I_1 sẽ tác dụng lên mỗi đoạn l của dòng I_2 một lực từ là :

$$F = B_1I_2l\sin 90^o = 2.10^{-7}\frac{I_1I_2l}{r}$$

Dễ dàng thấy rằng $\vec{B} \perp OM$ (tiếp tuyến vuông góc với bán kính tại tiếp điểm) và $\vec{B}$ vuông góc dây dẫn (vì $\vec{B}$ nằm trong mặt phẳng vuông góc với dây dẫn). Kết quả là $\vec{B}$ vuông góc mặt phẳng tạo bởi M và dây dẫn.

Mặt khác, $\vec{B}$ có chiều xác định bởi quy tắc nắm tay phải. Nếu lấy mặt phẳng hình vẽ là mặt phẳng xác định bởi M và dây dẫn thì chiều của $\vec{B}$ được xác định trên Hình 21.2a. **C1**

Về độ lớn của cảm ứng từ, thực nghiệm và lí thuyết đã chứng minh được rằng : cảm ứng từ B của dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài (có thể coi là dài vô hạn) tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện I và tỉ lệ nghịch với khoảng cách $r = OM$ từ M đến dây dẫn :

$$B = k\frac{I}{r}$$

Trong hệ SI, hệ số tỉ lệ k có giá trị bằng 2.10^{-7}.

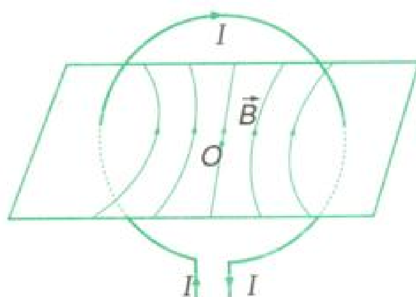
Vậy : $$\mathbf{B = 2.10^{-7}\frac{I}{r}} \quad (21.1)$$

trong đó, I tính ra ampe (A), r tính ra mét (m), B tính ra tesla (T).

Ví dụ : $I = 10$ A ; $r = 0,1$ m

$$B = 2.10^{-7}.\frac{10}{0,1} = 2.10^{-5}\text{ T}$$

II - TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN CHẠY TRONG DÂY DẪN UỐN THÀNH VÒNG TRÒN



Hình 21.3
Từ trường của dòng điện tròn

Theo bài 19, các đường sức từ của dòng điện tròn là những đường cong có chiều đi vào mặt Nam, đi ra mặt Bắc của dòng điện tròn ấy (Hình 21.3). Trong số đó, có đường sức từ đi qua tâm O là đường thẳng vô hạn ở hai đầu. Cảm ứng từ $\vec{B}$ tại tâm O có phương vuông góc với mặt phẳng chứa dòng điện và có chiều đi vào mặt Nam, đi ra mặt Bắc của dòng điện tròn đó. Theo kết quả tính toán, độ lớn cảm ứng từ tại O được xác định bởi công thức :

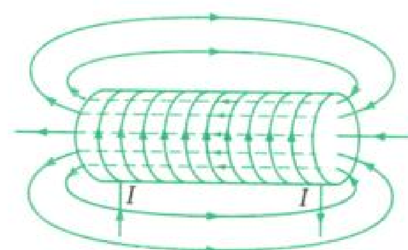
$$B = 2\pi.10^{-7}\frac{I}{R} \quad (21.2a)$$

với R là bán kính của khung dây tròn. Nếu khung dây tròn tạo bởi N vòng dây sít nhau thì :

$$\boldsymbol{B = 2\pi.10^{-7}N\frac{I}{R}} \quad (21.2b)$$

III - TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN CHẠY TRONG ỐNG DÂY DẪN HÌNH TRỤ

Trong vật lí và kĩ thuật, người ta thường sử dụng ống dây dẫn hình trụ tạo thành bởi một dây dẫn quấn đều quanh một lõi hình trụ (thường có chiều dài lớn hơn nhiều so với đường kính tiết diện). Khi cho dòng điện cường độ I đi vào dây dẫn, thực nghiệm chứng tỏ rằng, trong ống dây các đường sức từ là những đường thẳng song song cùng chiều và cách đều nhau. Nói cách khác, từ trường trong lòng ống dây là đều. Theo kết quả tính toán, cảm ứng từ trong lòng ống dây được cho bởi công thức :



Hình 21.4
Từ trường của ống dây hình trụ

$$B = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{l}I \quad (21.3a)$$

trong đó N là tổng số vòng dây, l là độ dài hình trụ. Chú ý rằng $\frac{N}{l} = n$ là số vòng dây quấn trên một đơn vị dài của lõi, vậy cũng có thể viết :

$$\boldsymbol{B = 4\pi.10^{-7}nI} \quad (21.3b)$$

Chiều các đường sức từ của ống dây dẫn hình trụ cũng có thể được xác định bằng quy tắc *nắm tay phải* : Tưởng tượng dùng bàn tay phải nắm lấy ống dây sao cho các ngón trỏ, ngón giữa... hướng theo chiều dòng điện ; khi đó ngón cái choãi ra cho ta chiều của đường sức từ. **C2**

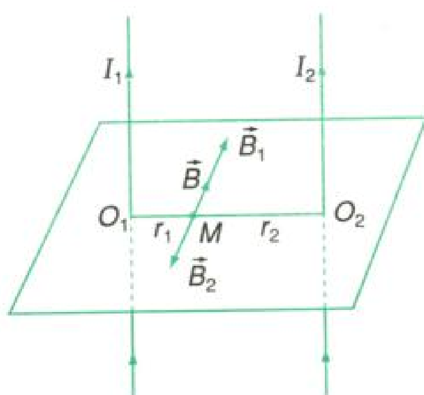
C2 Dựa vào quy tắc "vào Nam ra Bắc", nghiệm lại rằng, chiều các đường sức từ của ống dây điện hình trụ cũng được xác định bằng quy tắc nắm tay phải.

IV - TỪ TRƯỜNG CỦA NHIỀU DÒNG ĐIỆN

Phương pháp tính toán tương tự như đối với cường độ điện trường gây bởi nhiều điện tích điểm. Nghĩa là từ trường do nhiều dòng điện gây ra tuân theo nguyên lí chồng chất : *Vectơ cảm ứng từ tại một điểm do nhiều dòng điện gây ra bằng tổng các vectơ cảm ứng từ do từng dòng điện gây ra tại điểm ấy.*

Bài tập ví dụ

Cho hai dòng điện $I_1 = I_2 = 6$ A chạy trong hai dây dẫn dài, song song, cách nhau 30 cm theo cùng một chiều. Xác định vectơ cảm ứng từ tổng hợp tại điểm M nằm trong mặt phẳng chứa hai dây dẫn, cách hai dây lần lượt là $MO_1 = r_1 = 0{,}1$ m ; $MO_2 = r_2 = 0{,}2$ m.



Hình 21.5

Giải

Tại M có hai vectơ cảm ứng từ $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ lần lượt do I_1 và I_2 gây ra. Vì M nằm trong mặt phẳng chứa hai dòng điện nên $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ cùng phương (vì vuông góc với mặt phẳng chứa M và hai dây dẫn). Áp dụng quy tắc nắm tay phải, dễ dàng thấy tại M hai vectơ $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ ngược hướng (Hình 21.5). Vậy vectơ cảm ứng từ tổng hợp tại M cho bởi :

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

có độ lớn : $$B = |B_1 - B_2|$$

trong đó :

$$B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{6}{0{,}1} = 12.10^{-6}\ \text{T}$$

$$B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-7}.\frac{6}{0{,}2} = 6.10^{-6}\ \text{T}$$

$B = (12 - 6).10^{-6} = 6.10^{-6}$ T ; $\vec{B}$ cùng hướng với $\vec{B}_1$.

C3 Tìm một điểm trên đoạn O_1O_2 trong đó cảm ứng từ tổng hợp bằng $\vec{0}$.

C3

- **Cảm ứng từ của dòng điện thẳng dài : $B = 2.10^{-7}\frac{I}{r}$.**
- **Cảm ứng từ tại tâm của khung dây điện tròn : $B = 2\pi.10^{-7}\frac{NI}{R}$.**
- **Cảm ứng từ trong lòng ống dây điện hình trụ dài : $B = 4\pi.10^{-7}nI$.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Cảm ứng từ tại một điểm trong từ trường của dòng điện phụ thuộc vào những yếu tố nào ?
2. Độ lớn của cảm ứng từ tại một điểm trong từ trường của dòng điện thẳng dài thay đổi thế nào khi điểm ấy dịch chuyển
   a) song song với dây ?
   b) vuông góc với dây ?
   c) theo một đường sức từ xung quanh dây ?

3. Phát biểu nào dưới đây là đúng ?
   Độ lớn cảm ứng từ tại tâm một dòng điện tròn
   A. tỉ lệ với cường độ dòng điện.
   B. tỉ lệ với chiều dài đường tròn.
   C. tỉ lệ với diện tích hình tròn.
   D. tỉ lệ nghịch với diện tích hình tròn.
4. Phát biểu nào dưới đây là đúng ?
   Cảm ứng từ trong lòng ống dây điện hình trụ
   A. luôn bằng 0.
   B. tỉ lệ với chiều dài ống dây.
   C. là đồng đều.
   D. tỉ lệ với tiết diện ống dây.
5. So sánh cảm ứng từ bên trong hai ống dây điện sau :

Ống 1	5 A	5 000 vòng	dài 2 m
Ống 2	2 A	10 000 vòng	dài 1,5 m

6. Hai dòng điện đồng phẳng : dòng thứ nhất thẳng dài, $I_1 = 2$ A ; dòng thứ hai hình tròn, tâm O_2 cách dòng thứ nhất 40 cm, bán kính $R_2 = 20$ cm, $I_2 = 2$ A. Xác định cảm ứng từ tại O_2.
7. Hai dòng điện $I_1 = 3$ A, $I_2 = 2$ A chạy trong hai dây dẫn thẳng dài, song song cách nhau 50 cm theo cùng một chiều. Xác định những điểm tại đó $\vec{B} = \vec{0}$.

Em có biết ?

ĐỊNH NGHĨA ĐƠN VỊ AMPE

Theo những tính toán ở trên về tương tác từ giữa các dòng điện, ta thấy : hai dòng điện, cường độ tương ứng là I_1 và I_2, chạy trong hai dây dẫn thẳng dài, song song, cùng chiều thì hút nhau và ngược chiều thì đẩy nhau. Lực tương tác trên một độ dài $MN = l$ của mỗi dây dẫn cho bởi :

$$F = 2.10^{-7}\frac{I_1 I_2 l}{r}$$

trong đó r là khoảng cách giữa hai dây dẫn.

Công thức trên cho thấy, nếu $I_1 = I_2 = 1$ A ; $l = 1$ m ; $r = 1$ m thì $F = 2.10^{-7}$ N. Từ đó, người ta đưa ra định nghĩa đơn vị ampe của cường độ dòng điện, một đơn vị cơ bản của hệ SI như sau : *Ampe là cường độ của dòng điện không đổi khi chạy trong hai dây dẫn thẳng dài, song song, có tiết diện nhỏ, đặt cách nhau 1 m trong chân không, thì mỗi mét chiều dài của mỗi dây chịu tác dụng của một lực từ bằng 2.10^{-7} N.*

22 LỰC LO-REN-XƠ

Dòng chuyển dời có hướng của các hạt tích điện tạo thành dòng điện. Vậy khi hạt tích điện chuyển động trong một từ trường thì hạt ấy có chịu tác dụng của lực từ không ?

I - LỰC LO-REN-XƠ

1. Định nghĩa lực Lo-ren-xơ

Ta biết rằng, dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron. Khi dây dẫn có dòng điện được đặt trong một từ trường, người ta giải thích lực từ tác dụng lên dây dẫn chính là tổng hợp các lực do từ trường tác dụng lên các êlectron chuyển động tạo thành dòng điện.

Một cách tổng quát : *Mọi hạt điện tích chuyển động trong một từ trường, đều chịu tác dụng của lực từ.* Lực từ này được gọi là *lực Lo-ren-xơ* (Lorentz). Có thể làm những thí nghiệm chứng minh hiện tượng này. Chẳng hạn khi đặt một nam châm lại gần một máy thu hình đang hoạt động, thì lực Lo-ren-xơ tác dụng lên chùm êlectron đang rọi vào màn hình làm lệch quỹ đạo của dòng êlectron. Do đó, hình ảnh trên màn hình bị nhiễu loạn.

2. Xác định lực Lo-ren-xơ

Tuy rằng, dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời ngược chiều dòng điện của các êlectron (mang điện $-e = -1{,}6.10^{-19}$ C), nhưng để tiện lí giải và để có thể mở rộng kết quả tìm được cho mọi trường hợp, ta coi rằng dòng điện trong dây dẫn là dòng chuyển dời theo chiều dòng điện của các hạt điện tích $q_0 = +e$.

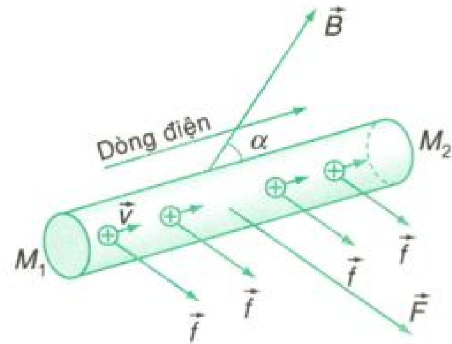
Theo bài 20, lực từ $\vec{F}$ tác dụng lên phần tử dòng điện $I\vec{l} = I\overrightarrow{M_1M_2}$ có phương vuông góc với $\vec{l}$ và $\vec{B}$, có chiều tuân theo quy tắc bàn tay trái và có độ lớn được xác định bởi công thức :

$$F = IlB\sin\alpha$$

Ở đây, ta giả thiết từ trường $\vec{B}$ là đều. Lực từ $\vec{F}$ là tổng hợp các lực Lo-ren-xơ tác dụng lên các hạt điện tích q_0 chuyển động với cùng vận tốc $\vec{v}$ tạo thành dòng điện theo chiều $\vec{v}$ (Hình 22.1). Như vậy, lực từ tổng hợp phân chia đều cho các hạt điện tích. Nếu N là tổng số hạt điện tích trong phần tử dòng điện thì lực Lo-ren-xơ tác dụng lên mỗi hạt điện tích cho bởi :

$$f = \frac{F}{N} = \frac{Il}{N} B\sin\alpha \quad (22.1)$$

α là góc tạo bởi $\vec{B}$ và $\vec{l} = \overrightarrow{M_1M_2}$



Hình 22.1
Xác định lực Lo-ren-xơ

Giả sử n_0 là mật độ hạt điện tích trong dây dẫn, S là tiết diện dây dẫn thì :

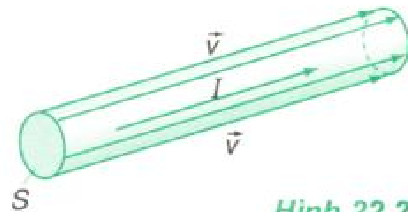
$$N = n_0 \times \text{thể tích dây dẫn} = n_0 \times Sl$$

Mặt khác, cường độ dòng điện I biểu thị lượng điện tích chuyển qua tiết diện S trong thời gian một giây (Hình 22.2). Trong một giây, các hạt điện tích đi được đoạn đường bằng v, vậy cường độ dòng điện I cũng được tính bằng lượng điện tích chứa trong thể tích $S \times v$ mang số hạt Svn_0, nghĩa là :

$$I = q_0(Svn_0)$$

và

$$\frac{Il}{N} = \frac{q_0 Svn_0 l}{n_0 Sl} = q_0 v$$



Hình 22.2
Xác định cường độ dòng điện qua tiết diện S

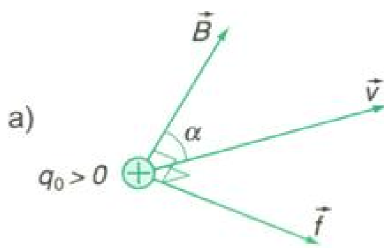
Vậy (22.1) cho ta công thức xác định lực Lo-ren-xơ :

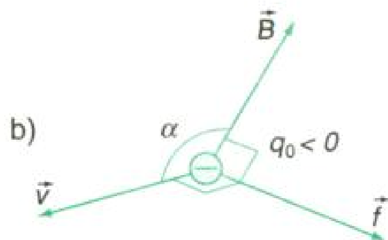
$$f = q_0 vB\sin\alpha \quad (22.2)$$

So sánh về hướng, ta nhận thấy $\vec{l}$ và $\vec{v}$ cùng hướng khi $q_0 > 0$ và ngược hướng khi $q_0 < 0$. Vậy có thể kết luận :

Lực Lo-ren-xơ do từ trường có cảm ứng từ $\vec{B}$ tác dụng lên một hạt điện tích q_0 chuyển động với vận tốc $\vec{v}$:

a) ***Có phương vuông góc với $\vec{v}$ và $\vec{B}$;***

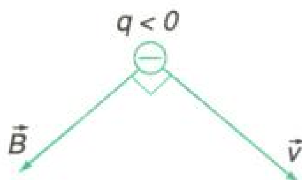




Hình 22.3
Xác định lực Lo-ren-xơ tác dụng lên điện tích : a) $q_0 > 0$, b) $q_0 < 0$.

C1 Khi nào lực Lo-ren-xơ bằng $\vec{0}$?

C2 Xác định lực Lo-ren-xơ trên Hình 22.4.



Hình 22.4

b) Có chiều tuân theo quy tắc bàn tay trái : Để bàn tay trái mở rộng sao cho từ trường hướng vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến ngón giữa là chiều của $\vec{v}$ khi $q_0 > 0$ và ngược chiều $\vec{v}$ khi $q_0 < 0$. Lúc đó, chiều của lực Lo-ren-xơ là chiều ngón cái choãi ra ;

c) Có độ lớn : $f = |q_0|vB\sin\alpha$ (22.3)

trong đó α là góc tạo bởi $\vec{v}$ và $\vec{B}$ (Hình 22.3).

C1 ; **C2**

II - CHUYỂN ĐỘNG CỦA HẠT ĐIỆN TÍCH TRONG TỪ TRƯỜNG ĐỀU

1. Chú ý quan trọng

Giả sử một hạt điện tích q_0 khối lượng m chuyển động dưới tác dụng duy nhất của lực Lo-ren-xơ. Khi đó, lực tác dụng $\vec{f}$ luôn luôn vuông góc với vận tốc $\vec{v}$, do đó công suất tức thời của lực tác dụng :

$$\mathscr{P} = \vec{f}.\vec{v}$$

luôn bằng 0. Vậy động năng của hạt (theo định lí biến thiên động năng) được bảo toàn, nghĩa là *độ lớn vận tốc của hạt không đổi, chuyển động của hạt là chuyển động đều.*

2. Chuyển động của hạt điện tích trong từ trường đều

Bây giờ ta hãy khảo sát chuyển động của một hạt điện tích q_0, khối lượng m trong một từ trường đều $\vec{B}$ với giả thiết là *vận tốc ban đầu của hạt vuông góc với từ trường*. Giả thiết hạt chịu tác dụng duy nhất của từ trường, phương trình chuyển động của hạt được viết :

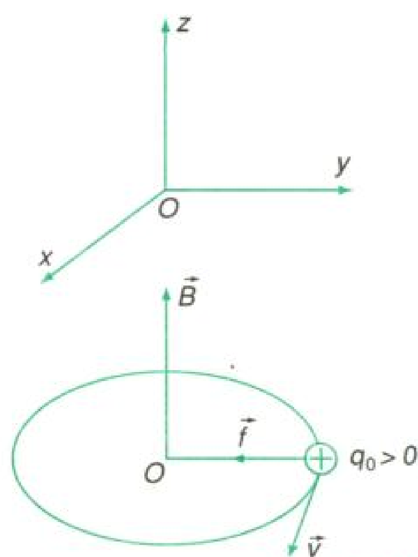
$$m\vec{a} = \vec{f} \qquad (22.4)$$

với $\vec{f}$ được xác định theo Hình 22.3.

Chọn hệ quy chiếu quán tính là $Oxyz$, sao cho cảm ứng từ $\vec{B}$ hướng dọc theo trục Oz (Hình 22.5). Khi đó, nếu gọi thành phần của gia tốc theo phương z là a_z thì theo (22.4), vì $\vec{a} \perp \vec{B}$ nghĩa là $\vec{a} \perp Oz$, nên :

$$a_z = 0, \text{ suy ra : } v_z = \text{const}$$

Kết quả cho thấy thành phần của vận tốc $\vec{v}$ theo phương z không thay đổi. Vì lúc đầu ($t = 0$) : $v_z = 0$ (vận tốc ban đầu vuông góc với $\vec{B}$) nên ta luôn có $v_z = 0$, nghĩa là vectơ vận tốc $\vec{v}$ luôn nằm trong mặt phẳng Oxy : *Chuyển động của hạt điện tích là chuyển động phẳng trong mặt phẳng vuông góc với từ trường.*



Hình 22.5

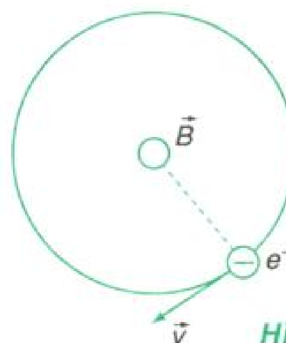
Chuyển động của hạt điện tích trong từ trường đều

Trong mặt phẳng đó, lực Lo-ren-xơ luôn vuông góc với vận tốc $\vec{v}$, nghĩa là đóng vai trò lực hướng tâm :

$$f = \frac{mv^2}{R} = |q_0|vB \quad (22.5)$$

với R là bán kính cong của quỹ đạo. **C3**

C3 Hình 22.6 là quỹ đạo tròn của một êlectron trong một mặt phẳng vuông góc với từ trường đều $\vec{B}$. Xác định chiều của $\vec{B}$.



Hình 22.6

Vì độ lớn của vận tốc không đổi nên bán kính cong R của quỹ đạo không đổi, nói cách khác *quỹ đạo là một đường tròn.*

Kết luận : *Quỹ đạo của một hạt điện tích trong một từ trường đều, với điều kiện vận tốc ban đầu vuông góc với từ trường, là một đường tròn nằm trong mặt phẳng vuông góc với từ trường, có bán kính* (cho bởi công thức (22.5)) :

$$R = \frac{mv}{|q_0|B} \quad (22.6)$$

C4

C4 Từ công thức (22.6), hãy tính chu kì của chuyển động tròn đều của hạt.

Chứng tỏ rằng, chu kì đó không phụ thuộc vận tốc hạt (trong khi bán kính quỹ đạo tỉ lệ với vận tốc hạt).

Lực Lo-ren-xơ có nhiều ứng dụng trong khoa học và công nghệ : đo lường điện từ, ống phóng điện tử trong truyền hình, khối phổ kế, các máy gia tốc,...

- **Lực Lo-ren-xơ tác dụng lên một hạt điện tích q_0 chuyển động trong một từ trường $\vec{B}$ có phương vuông góc với $\vec{v}$ và $\vec{B}$, có chiều tuân theo quy tắc bàn tay trái, và có độ lớn :**

$$f = |q_0|vB\sin\alpha$$

- **Hạt điện tích q_0, khối lượng m bay vào một từ trường đều $\vec{B}$ với vận tốc ban đầu vuông góc với từ trường, có quỹ đạo là một đường tròn nằm trong mặt phẳng vuông góc với từ trường với bán kính :**

$$R = \frac{mv}{|q_0|B}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Lực Lo-ren-xơ là gì ? Viết công thức của lực Lo-ren-xơ.
2. Phát biểu quy tắc bàn tay trái cho lực Lo-ren-xơ.



3. Phát biểu nào dưới đây là *sai* ?

   Lực Lo-ren-xơ

   A. vuông góc với từ trường.

   B. vuông góc với vận tốc.

   C. không phụ thuộc vào hướng của từ trường.

   D. phụ thuộc vào dấu của điện tích.

4. Phát biểu nào sau đây là đúng ?

   Hạt êlectron bay vào trong một từ trường đều theo hướng của từ trường $\vec{B}$ thì

   A. hướng chuyển động thay đổi.

   B. độ lớn của vận tốc thay đổi.

   C. động năng thay đổi.

   D. chuyển động không thay đổi.

5. Một ion bay theo quỹ đạo tròn bán kính R trong một mặt phẳng vuông góc với các đường sức của một từ trường đều. Khi độ lớn vận tốc tăng gấp đôi thì bán kính quỹ đạo là bao nhiêu ?

   A. $\frac{R}{2}$.   B. R.   C. $2R$.   D. $4R$.

6. So sánh lực điện và lực Lo-ren-xơ cùng tác dụng lên một điện tích.

7. Hạt prôtôn chuyển động theo quỹ đạo tròn bán kính 5 m dưới tác dụng của một từ trường đều $B = 10^{-2}$ T. Xác định :

   a) Tốc độ của prôtôn.

   b) Chu kì chuyển động của prôtôn.

   Cho $m_p = 1{,}672.10^{-27}$ kg.

8*. Trong một từ trường đều có $\vec{B}$ thẳng đứng, cho một dòng các ion bắt đầu đi vào từ trường từ điểm A và đi ra tại C, sao cho AC là $\frac{1}{2}$ đường tròn trong mặt phẳng ngang. Các ion có cùng điện tích, cùng vận tốc đầu. Cho biết khoảng cách AC giữa điểm đi vào và điểm đi ra đối với ion $C_2H_5O^+$ là 22,5 cm, xác định khoảng cách AC đối với các ion $C_2H_5OH^+$; $C_2H_5^+$; OH^+ ; CH_2OH^+; CH_3^+ ; CH_2^+.

Em có biết ?

KHỐI PHỔ KẾ

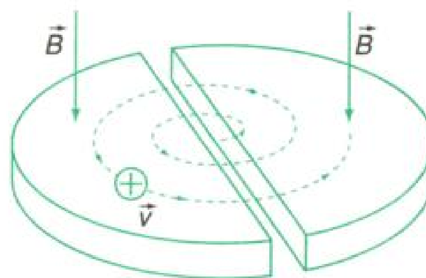
Khối phổ kế là một ứng dụng trực tiếp của hiện tượng nói ở Bài tập 8. Đó là một thiết bị có tác dụng tách riêng các hạt tích điện (các ion) có cùng điện tích nhưng khối lượng khác nhau. Muốn vậy, ta cho dòng các ion bay vào một từ trường đều theo hướng vuông góc với các đường sức. Khi đó các ion cùng điện tích có khối lượng khác nhau sẽ bay theo những nửa đường tròn có bán kính khác nhau.

CÁC MÁY GIA TỐC

Để thực hiện các phản ứng hạt nhân, người ta phải tăng tốc cho các chùm hạt điện tích sao cho năng lượng của các chùm hạt này đạt tới những giá trị ngày càng lớn. Muốn đạt mục đích đó, người ta sử dụng các *máy gia tốc*, trong đó các hạt điện tích được tăng tốc nhờ các lực điện.

Trong các *máy gia tốc thẳng*, các hạt điện tích được tăng tốc nhờ lực điện mạnh. Chẳng hạn trong máy gia tốc thẳng có chiều dài 4 km của phòng thí nghiệm Stan-fot, các hạt êlectron được tăng tốc đến năng lượng đạt giá trị 50 GeV(1).

Trong các *máy gia tốc tròn*, hạt điện tích chuyển động theo các quỹ đạo tròn dưới tác dụng của một từ trường đều có hướng vuông góc với vận tốc của hạt (Hình 22.7). Đồng thời hạt chuyển động trong một hộp hình tròn gồm hai nửa hộp rỗng hình chữ *D* nối vào một hiệu điện thế xoay chiều. Tất cả đều nằm trong chân không. Khi đó, điện trường xoay chiều giữa hai hình *D* có tác dụng tăng tốc cho hạt trong quá trình chuyển động : Vận tốc hạt ngày càng tăng lên cùng với bán kính quỹ đạo. Khi động năng của hạt tăng lên đến giá trị đủ lớn thì người ta cho chùm hạt bắn vào một tấm "bia" để tạo ra các phản ứng hạt nhân. Hiện nay, máy gia tốc (LEP – LHC) lớn nhất thế giới đã được xây dựng tại trung tâm nghiên cứu hạt nhân châu Âu (CERN) vào cuối những năm tám mươi của thế kỉ trước. Trong "nhà máy" khổng lồ này, các hạt điện tích bay theo những quỹ đạo tròn nằm trong một đường hầm hình tròn, có chu vi tới 27 km, nằm sâu dưới lòng đất 100 m, giữa hai nước Pháp và Thuỵ Sĩ.



Hình 22.7
Máy gia tốc tròn

---

(1) eV (êlectron vôn), đơn vị đo năng lượng hạt.
$1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$.

Tổng kết chương IV TỪ TRƯỜNG

1. Lực từ là lực tương tác giữa hai nam châm, giữa một nam châm và một dây dẫn có dòng điện, hay giữa hai dây dẫn có dòng điện.

- Trong khoảng không gian xung quanh một nam châm hay xung quanh một dòng điện, tồn tại một từ trường. Biểu hiện của từ trường trong một khoảng không gian nào đó là sự xuất hiện lực từ tác dụng lên một nam châm hay một đoạn dây dẫn có dòng điện đặt tại một điểm bất kì trong khoảng không gian ấy.

- Hướng của từ trường tại một điểm là hướng Nam – Bắc của kim nam châm nhỏ nằm cân bằng tại điểm đó.

- Đường sức từ là những đường vẽ ở trong khoảng không gian có từ trường sao cho tiếp tuyến tại mỗi điểm có phương trùng với phương của từ trường tại điểm đó.

2. Để đặc trưng cho từ trường tại một điểm trong không gian xung quanh một dòng điện, người ta định nghĩa một đại lượng gọi là cảm ứng từ, kí hiệu $\vec{B}$. Đó là một vectơ :

– Có hướng trùng với hướng của từ trường tại điểm đó ;

– Có độ lớn tỉ lệ với cường độ dòng điện sinh ra từ trường, phụ thuộc vào hình dạng của dây dẫn mang dòng điện và cũng phụ thuộc vị trí của điểm đang xét.

3. Một số biểu thức của độ lớn cảm ứng từ B do một vài dòng điện có hình dạng đặc biệt gây ra :

Dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài	$B = 2.10^{-7}\dfrac{I}{r}$
Dòng điện chạy trong khung dây dẫn tròn	$B = 2\pi.10^{-7}\dfrac{NI}{R}$ (tại tâm khung tròn)
Dòng điện chạy trong ống dây dẫn hình trụ	$B = 4\pi.10^{-7}nI$ (trong lòng ống dây)

4. Lực từ tác dụng lên phần tử dòng điện $I\vec{l}$ đặt trong từ trường đều :

– Chiều của lực : xác định theo quy tắc bàn tay trái ;

– Độ lớn của lực : $F = BIl\sin\alpha$.

5. Lực Lo-ren-xơ (lực từ tác dụng lên hạt điện tích $(q_0, \vec{v})$ chuyển động) :

– Chiều của lực : tuân theo quy tắc bàn tay trái khi $q_0 > 0$;

– Độ lớn của lực : $F = |q_0|vB\sin\alpha$.

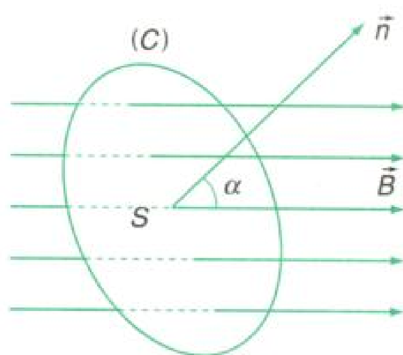
- Bán kính quỹ đạo tròn của hạt điện tích $(q_0, \vec{v})$ chuyển động trong mặt phẳng vuông góc với từ trường đều $\vec{B}$:

$$R = \frac{mv}{|q_0|B}$$



23 TỪ THÔNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Dòng điện gây ra từ trường. Câu hỏi ngược lại : Trong điều kiện nào từ trường gây ra dòng điện ? (Câu hỏi do Fa-ra-đây đặt ra).



Hình 23.1
Định nghĩa từ thông

I - TỪ THÔNG

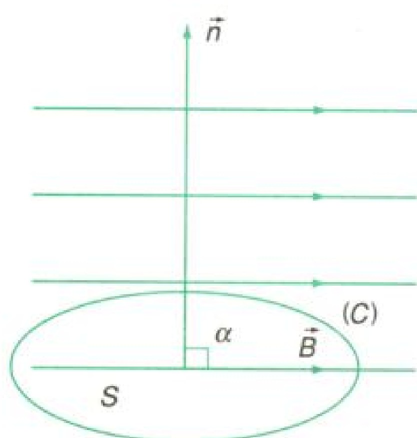
1. Định nghĩa

Giả sử một đường cong phẳng kín (C) là chu vi giới hạn một mặt có diện tích S (giả thiết là phẳng) (Hình 23.1). Mặt đó được đặt trong một từ trường đều $\vec{B}$. Trên đường vuông góc với mặt S, ta vẽ vectơ $\vec{n}$ có độ dài bằng đơn vị theo một hướng xác định (tuỳ ý chọn), $\vec{n}$ được gọi là *vectơ pháp tuyến dương*. Gọi α là góc tạo bởi $\vec{n}$ và $\vec{B}$, người ta định nghĩa từ thông qua mặt S là đại lượng, kí hiệu Φ, cho bởi :

$$\Phi = BS\cos\alpha \quad (23.1)$$

Công thức định nghĩa trên đây chứng tỏ rằng từ thông là một *đại lượng đại số*. Khi α nhọn ($\cos\alpha > 0$) thì $\Phi > 0$ và khi α tù ($\cos\alpha < 0$) thì $\Phi < 0$. Đặc biệt khi $\alpha = 90^o$ ($\cos\alpha = 0$) thì $\Phi = 0$. Nói cách khác, *khi các đường sức từ song song với mặt S thì từ thông qua S bằng 0* (Hình 23.2). Trường hợp riêng, khi $\alpha = 0$ thì :

$$\Phi = BS \quad (23.2)$$



Hình 23.2
Từ thông qua S bằng 0

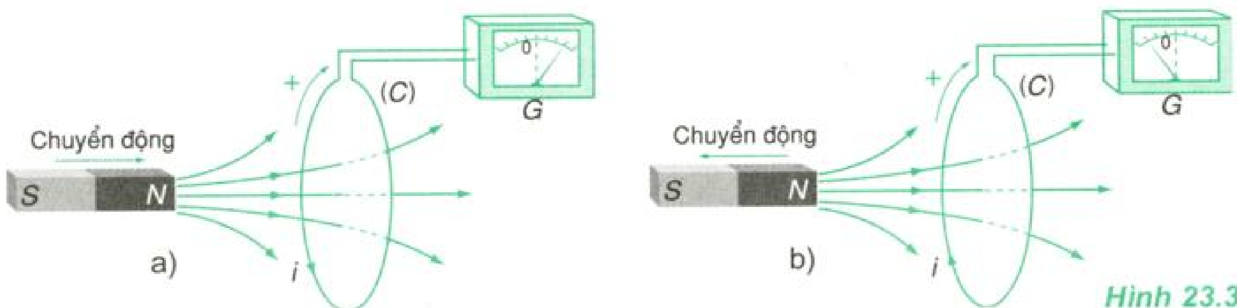
2. Đơn vị đo từ thông

Trong hệ SI, đơn vị đo từ thông là vêbe (Wb). Trong công thức (23.2) nếu $S = 1$ m^2, $B = 1$ T thì : $\Phi = 1$ Wb.

II - HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1. Thí nghiệm

Một mạch kín (*C*) hai đầu nối vào điện kế *G* (có nhiệm vụ xác định chiều và cường độ dòng điện). Giả sử (*C*) đặt trong từ trường của một nam châm *SN* (Hình 23.3). Ta chọn chiều dương trên mạch kín (*C*) tương ứng với chiều của đường sức từ của nam châm *SN* theo quy tắc nắm tay phải : Đặt ngón tay cái nằm theo chiều của đường sức từ thì chiều của các ngón tay kia khum lại chỉ chiều dương trên mạch (*C*).



Hình 23.3
Thí nghiệm cảm ứng điện từ

a) *Thí nghiệm 1*. Cho nam châm *SN* dịch chuyển lại gần (*C*). Quan sát thấy kim điện kế *G* lệch đi, chứng tỏ rằng trong (*C*) xuất hiện dòng điện *i* chạy theo chiều ngược với chiều dương đã chọn. Khi nam châm ngừng chuyển động thì dòng điện *i* tắt.

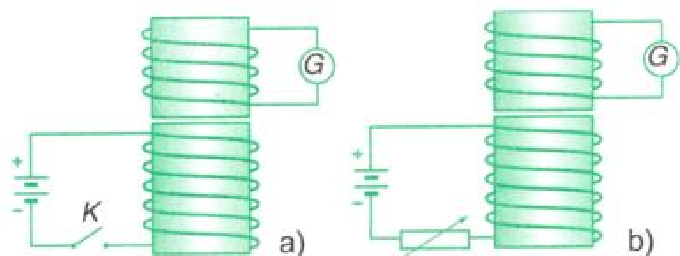
b) *Thí nghiệm 2*. Cho nam châm *SN* dịch chuyển ra xa (*C*). Kim điện kế lại chỉ một dòng điện *i* trong (*C*) nhưng theo chiều ngược với chiều ở thí nghiệm 1.

C1 Hãy giải thích sự biến thiên từ thông qua mạch kín (C) trong từng thí nghiệm.

c) *Thí nghiệm 3*. Cũng thu được kết quả tương tự nếu cho nam châm đứng yên và mạch (*C*) dịch chuyển lại gần hay ra xa nam châm, hoặc cho (*C*) quay xung quanh một trục song song với mặt phẳng chứa mạch hoặc làm biến dạng (*C*).

C2 Mô tả và giải thích thí nghiệm Fa-ra-đây được vẽ trên Hình 23.4.

d) *Thí nghiệm 4*. Thay nam châm *SN* bằng một nam châm điện. Khi thay đổi cường độ dòng điện qua nam châm điện, trong (*C*) vẫn xuất hiện dòng điện *i*.



Hình 23.4 *Thí nghiệm Fa-ra-đây*

C1 ; **C2**

2. Kết luận

a) Tất cả các thí nghiệm trên đây đều có một đặc điểm chung là từ thông qua mạch kín (C) biến thiên. Dựa vào công thức định nghĩa từ thông (23.1), ta nhận thấy, khi một trong các đại lượng B, S hoặc α thay đổi thì từ thông Φ biến thiên.

b) Kết quả của các thí nghiệm ấy và của nhiều thí nghiệm tương tự khác chứng tỏ rằng :

– Mỗi khi từ thông qua mạch kín (C) biến thiên thì trong mạch kín (C) xuất hiện một dòng điện gọi là *dòng điện cảm ứng*. Hiện tượng xuất hiện dòng điện cảm ứng trong (C) gọi là *hiện tượng cảm ứng điện từ.*

– Hiện tượng cảm ứng điện từ chỉ tồn tại *trong khoảng thời gian từ thông qua mạch kín biến thiên.*

III - ĐỊNH LUẬT LEN-XƠ VỀ CHIỀU DÒNG ĐIỆN CẢM ỨNG

1. Ta hãy khảo sát quy luật xác định chiều dòng điện cảm ứng xuất hiện trong một mạch kín khi từ thông qua mạch kín ấy biến thiên.

Ta quy ước chiều dương trên (C) phù hợp với chiều của đường sức từ của nam châm (hoặc ống dây điện) qua (C) theo quy tắc nắm tay phải ở trên.

Ở thí nghiệm Hình 23.3a, từ thông qua (C) tăng : Dòng điện cảm ứng i trong mạch kín (C) có chiều ngược với chiều dương trên (C).

Ở thí nghiệm Hình 23.3b, từ thông qua (C) giảm : Dòng điện cảm ứng i trong mạch kín (C) có chiều trùng với chiều dương trên (C).

2. Để dễ dàng so sánh, ta chú ý rằng khi dòng điện cảm ứng xuất hiện thì cũng sinh ra từ trường, gọi là *từ trường cảm ứng*. Cần phân biệt từ trường cảm ứng với từ trường của nam châm hay nam châm điện – được gọi là *từ trường ban đầu*. Chiều của từ trường cảm ứng và chiều của dòng điện cảm ứng liên quan chặt chẽ với nhau.

3. Quá trình phân tích các kết quả thí nghiệm mô tả trên Hình 23.3 và các thí nghiệm tương tự dẫn tới kết luận sau : *Nếu xét các đường sức từ đi qua mạch kín, từ trường cảm ứng ngược chiều với từ trường ban đầu khi từ thông qua mạch kín tăng và cùng chiều với từ trường ban đầu khi từ thông qua mạch kín giảm.*

Nói cách khác :

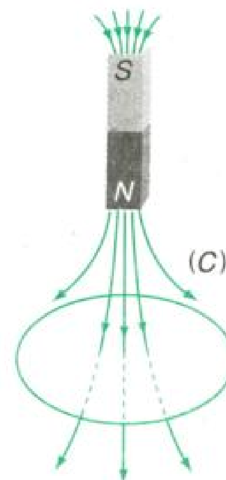
Dòng điện cảm ứng xuất hiện trong mạch kín có chiều sao cho từ trường cảm ứng có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông ban đầu qua mạch kín.

Phát biểu trên đây là nội dung của *định luật Len-xơ,* nó cho phép ta *xác định chiều dòng điện cảm ứng xuất hiện trong mạch kín.* C3

C3 Cho nam châm *SN* rơi thẳng đứng chui qua mạch kín (*C*) cố định (Hình 23.5). Hãy xác định chiều dòng điện cảm ứng xuất hiện trong (*C*).

4. Trường hợp từ thông qua (*C*) biến thiên do chuyển động

Xét thí nghiệm được mô tả trên Hình 23.3a, khi nam châm *SN* dịch chuyển lại gần (*C*), dòng điện cảm ứng chạy theo chiều âm và mặt của (*C*) đối diện với cực Bắc của nam châm là mặt Bắc, mặt này gây ra lực từ đẩy cực Bắc của nam châm. Trong trường hợp ở Hình 23.3b, nam châm *SN* dịch ra xa (*C*), dòng điện cảm ứng chạy theo chiều dương và mặt của (*C*) đối diện với cực Bắc của nam châm là mặt Nam, mặt này gây ra lực từ hút cực Bắc của nam châm. Trong cả hai trường hợp, lực từ đều ngược hướng với chuyển động của nam châm. Vậy có thể phát biểu một dạng khác của định luật Len-xơ :



Hình 23.5

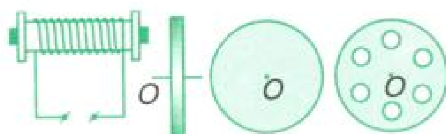
Khi từ thông qua (C) biến thiên do kết quả của một chuyển động nào đó thì từ trường cảm ứng có tác dụng chống lại chuyển động nói trên.

IV - DÒNG ĐIỆN FU-CÔ (FOUCAULT)

Thực nghiệm chứng tỏ rằng dòng điện cảm ứng cũng xuất hiện trong các khối kim loại khi những khối này chuyển động trong một từ trường hoặc được đặt trong một từ trường biến thiên theo thời gian. Những dòng điện cảm ứng đó được gọi là *dòng điện Fu-cô.*

1. Thí nghiệm 1

Một bánh xe kim loại (đồng hoặc nhôm) có dạng một đĩa tròn quay xung quanh trục O của nó trước một nam châm điện (Hình 23.6). Khi chưa cho dòng điện chạy vào nam châm, bánh xe quay bình thường. Khi cho dòng điện chạy vào nam châm, bánh xe quay chậm và bị hãm dừng lại.

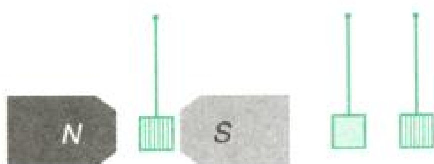


Hình 23.6

2. Thí nghiệm 2

Một khối kim loại (đồng hoặc nhôm) hình lập phương được đặt giữa hai cực của một nam châm điện (Hình 23.7). Khối ấy được treo bằng một sợi dây có một đầu cố định ; trước khi đưa khối kim loại vào trong nam châm điện, sợi dây treo được xoắn nhiều vòng. Nếu chưa có dòng điện đi vào nam châm điện, khi thả ra, khối kim loại quay nhanh xung quanh mình nó.

Nếu có dòng điện đi vào nam châm điện, khi thả ra, khối kim loại quay chậm và bị hãm dừng lại.



Hình 23.7

3. Giải thích

Ở các thí nghiệm trên đây, khi bánh xe và khối kim loại (đồng hoặc nhôm) chuyển động trong từ trường thì trong thể tích của chúng xuất hiện dòng điện cảm ứng – những dòng điện Fu-cô. Theo định luật Len-xơ, những dòng điện cảm ứng này luôn có tác dụng chống lại sự chuyển dời, vì vậy khi chuyển động trong từ trường, trên bánh xe và trên khối kim loại xuất hiện những lực từ có tác dụng cản trở chuyển động của chúng, những lực ấy gọi là *lực hãm điện từ*.

4. Tính chất và công dụng của dòng điện Fu-cô

a) Do tác dụng của dòng Fu-cô, mọi khối kim loại chuyển động trong từ trường đều chịu tác dụng của những lực hãm điện từ. Tính chất này được ứng dụng trong các bộ phanh điện từ của những ô tô hạng nặng.

b) Dòng điện Fu-cô cũng gây ra hiệu ứng toả nhiệt Jun – Len-xơ : Khối kim loại chuyển động trong từ trường hoặc đặt trong từ trường biến thiên sẽ nóng lên. Tính chất này được ứng dụng trong các lò cảm ứng để nung nóng kim loại. Trong nhiều trường hợp, sự xuất hiện dòng Fu-cô gây nên những tổn hao năng lượng vô ích. Để giảm tác dụng của dòng Fu-cô, người ta có thể tăng điện trở của khối kim loại. Chẳng hạn, trong thí nghiệm 1 (Hình 23.6), người ta khoét những lỗ trên bánh xe ; trong thí nghiệm 2 (Hình 23.7), khối kim loại nguyên vẹn được thay bằng một khối gồm nhiều lá kim loại xếp liền nhau, cách điện đối với nhau. Bằng những cách đó, người ta thấy tác dụng của dòng Fu-cô giảm rõ rệt.

Dòng Fu-cô cũng được ứng dụng trong một số lò tôi kim loại.

- **Từ thông qua một diện tích S đặt trong một từ trường đều :**

$$\Phi = BS\cos\alpha$$

- **Khi từ thông qua một mạch kín (C) biến thiên thì trong (C) xuất hiện dòng điện cảm ứng.**
- **Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho từ trường cảm ứng có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông ban đầu qua (C). Nói riêng, khi từ thông qua (C) biến thiên do một chuyển động nào đó gây ra thì từ trường cảm ứng có tác dụng chống lại chuyển động đó.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu các định nghĩa :
   - Dòng điện cảm ứng ;
   - Hiện tượng cảm ứng điện từ ;
   - Từ trường cảm ứng.
2. Dòng điện Fu-cô là gì ?

3. Mạch kín (C) không biến dạng trong từ trường đều $\vec{B}$. Hỏi trường hợp nào dưới đây, từ thông qua mạch biến thiên ?

A. (C) chuyển động tịnh tiến.

B. (C) chuyển động quay xung quanh một trục cố định vuông góc với mặt phẳng chứa mạch.

C. (C) chuyển động trong một mặt phẳng vuông góc với $\vec{B}$.

D. (C) quay xung quanh trục cố định nằm trong mặt phẳng chứa mạch và trục này không song song với đường sức từ.

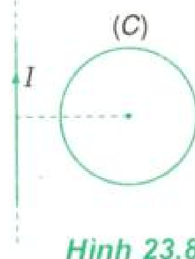
4. Mạch kín tròn (*C*) nằm trong cùng mặt phẳng *P* với dòng điện thẳng *I* (Hình 23.8). Hỏi trường hợp nào dưới đây, từ thông qua (*C*) biến thiên ?

A. (*C*) dịch chuyển trong mặt phẳng *P* lại gần *I* hoặc ra xa *I*.

B. (*C*) dịch chuyển trong mặt phẳng *P* với vận tốc song song với dòng *I*.

C. (*C*) cố định, dây dẫn thẳng mang dòng *I* chuyển động tịnh tiến dọc theo chính nó.

D. (*C*) quay xung quanh dòng điện thẳng *I*.



Hình 23.8

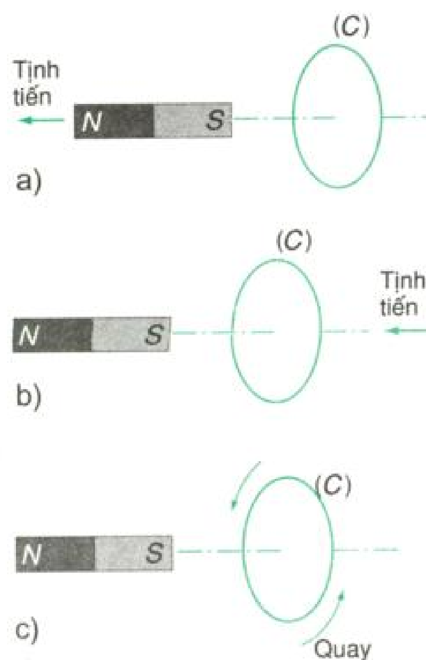
5. Xác định chiều của dòng điện cảm ứng trong các thí nghiệm dưới đây :

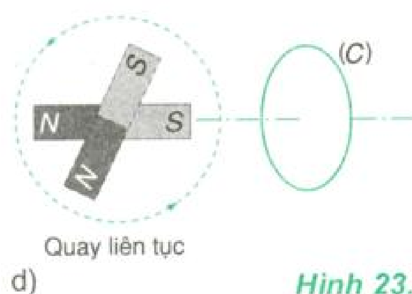
a) Nam châm chuyển động tịnh tiến (Hình 23.9a).

b) Mạch (*C*) chuyển động tịnh tiến (Hình 23.9b).

c) Mạch (*C*) quay (Hình 23.9c).

d) Nam châm quay liên tục (Hình 23.9d).





Hình 23.9

24 SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG

Trong các bài trên, ta đã khảo sát hiện tượng cảm ứng điện từ chủ yếu về mặt định tính. Về mặt định lượng, cường độ dòng điện cảm ứng được xác định như thế nào ?

I - SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG MẠCH KÍN

1. Định nghĩa

Sự xuất hiện dòng điện cảm ứng trong một mạch kín (C) chứng tỏ tồn tại một nguồn điện trong mạch đó. Suất điện động của nguồn này được gọi là *suất điện động cảm ứng*. Vậy có thể định nghĩa :

Suất điện động cảm ứng là suất điện động sinh ra dòng điện cảm ứng trong mạch kín.



2. Định luật Fa-ra-đây

Giả sử tại mạch kín (C) đặt trong một từ trường (Hình 24.2), từ thông qua mạch biến thiên một lượng $\Delta\Phi$ trong một khoảng thời gian Δt. Giả sử sự biến thiên từ thông này được thực hiện qua một dịch chuyển nào đó của mạch. Trong dịch chuyển này, lực từ tác dụng lên mạch (C) đã sinh một công ΔA. Người ta đã chứng minh được rằng :

$$\Delta A = i\Delta\Phi$$

với i là cường độ dòng điện cảm ứng. Theo định luật Len-xơ, lực từ tác dụng lên mạch (C) luôn cản trở chuyển động tạo ra biến thiên từ thông. Do đó, ΔA là một công cản. Vậy, để thực hiện sự dịch chuyển của (C) (nhằm tạo ra sự biến thiên của Φ) phải có ngoại lực tác dụng lên (C) và trong chuyển dời nói trên, ngoại lực này đã sinh công thắng công cản của lực từ :

$$\Delta A' = -\Delta A = -i\Delta\Phi \qquad (24.1)$$

C1 a) Nhắc lại định nghĩa suất điện động của một nguồn điện.

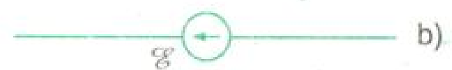
b) Trong các sơ đồ mạch điện, nguồn điện lí tưởng một chiều được kí hiệu như Hình 24.1a. Ngoài ra, nguồn điện còn được kí hiệu như Hình 24.1b, trong đó, điểm ngọn của mũi tên chỉ vào cực dương của nguồn ; chiều mũi tên được gọi là chiều của suất điện động. Tính u_{AB} theo sơ đồ Hình 24.1c.

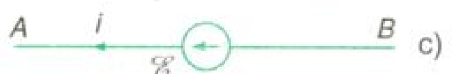
c) Tính u_{CD} theo sơ đồ Hình 24.1d.

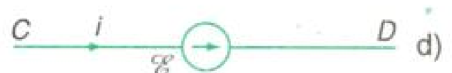
d) Tính u_{AB} theo sơ đồ Hình 24.1e với một nguồn có $r \neq 0$.

e) Nhắc lại biểu thức của điện năng do một nguồn điện sản ra trong một khoảng thời gian Δt.



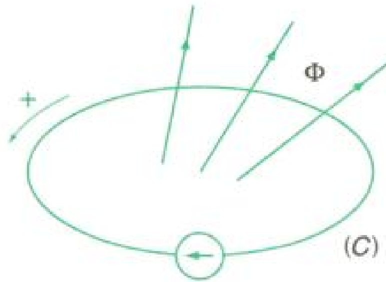








Hình 24.1



Hình 24.2
Suất điện động cảm ứng trong mạch kín

Công $\Delta A'$ có độ lớn bằng phần năng lượng do bên ngoài cung cấp cho mạch (C) và được chuyển hoá thành điện năng của suất điện động cảm ứng e_c (tương tự như điện năng do một nguồn điện sản ra) trong khoảng thời gian Δt. Theo công thức (8.5), ta có :

$$\Delta A' = e_c i \Delta t \qquad (24.2)$$

So sánh hai công thức của $\Delta A'$ là (24.1) và (24.2), ta suy ra công thức của suất điện động cảm ứng :

$$e_c = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \qquad (24.3)$$

Nếu chỉ xét độ lớn của e_c (không kể dấu) thì :

$$|e_c| = \left|\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right| \qquad (24.4)$$

Thương số $\left|\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right|$ biểu thị độ biến thiên từ thông qua mạch (C) trong một đơn vị thời gian, thương số này được gọi là tốc độ biến thiên từ thông qua mạch. Vậy công thức (24.4) được phát biểu như sau :

Độ lớn của suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch kín tỉ lệ với tốc độ biến thiên từ thông qua mạch kín đó. C2

C2 Nghiệm lại rằng, trong công thức (24.4), hai vế đều có cùng đơn vị.

Phát biểu này được gọi là định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ – định luật Fa-ra-đây.

II - QUAN HỆ GIỮA SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG VÀ ĐỊNH LUẬT LEN-XƠ

Sự xuất hiện dấu trừ (–) trong công thức (24.3) là để phù hợp với định luật Len-xơ.

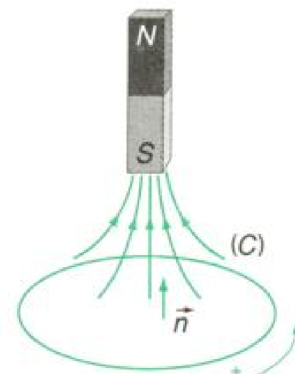
Trước hết mạch kín (C) phải được định hướng. Dựa vào chiều đã chọn trên (C), ta chọn chiều pháp tuyến dương để tính từ thông Φ qua mạch kín (C) (Φ là một đại lượng đại số).

Nếu Φ tăng thì $e_c < 0$: Chiều của suất điện động cảm ứng (chiều của dòng điện cảm ứng) ngược với chiều của mạch.

Nếu Φ giảm thì $e_c > 0$: Chiều của suất điện động cảm ứng (chiều của dòng điện cảm ứng) là chiều của mạch. **C3**

C3 Xác định chiều của suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch kín (C) trên Hình 24.3 khi nam châm :

a) đi xuống. b) đi lên.



Hình 24.3

III - CHUYỂN HOÁ NĂNG LƯỢNG TRONG HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Trong hiện tượng cảm ứng điện từ trên đây, để tạo ra sự biến thiên từ thông qua mạch (C), phải có ngoại lực tác dụng vào (C) và ngoại lực này đã sinh một công cơ học. Công cơ học này làm xuất hiện suất điện động cảm ứng trong mạch, nghĩa là đã tạo ra điện năng. Vậy bản chất của hiện tượng cảm ứng điện từ đã nêu ở trên là quá trình chuyển hoá cơ năng thành điện năng.

Fa-ra-đây là người đầu tiên khám phá ra hiện tượng cảm ứng điện từ và định luật cơ bản về hiện tượng này. Đóng góp của Fa-ra-đây đã mở ra một triển vọng to lớn trong thế kỉ XIX về một phương thức sản xuất điện năng mới, làm nền tảng cho công cuộc điện khí hoá – cuộc Cách mạng khoa học công nghệ lần thứ hai trong lịch sử tiến hoá của nhân loại.

- **Khi từ thông qua một mạch kín (C) biến thiên thì trong mạch kín đó xuất hiện suất điện động cảm ứng và do đó tạo ra dòng điện cảm ứng.**
- **Suất điện động cảm ứng có giá trị cho bởi :**

$$e_c = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu các định nghĩa :

– Suất điện động cảm ứng ;

– Tốc độ biến thiên từ thông.

2. Nêu ít nhất ba ứng dụng của hiện tượng cảm ứng điện từ.



3. Phát biểu nào dưới đây là đúng ?

Khi một mạch kín phẳng quay xung quanh một trục nằm trong mặt phẳng chứa mạch trong một từ trường, thì suất điện động cảm ứng đổi chiều một lần trong

A. 1 vòng quay. B. 2 vòng quay.

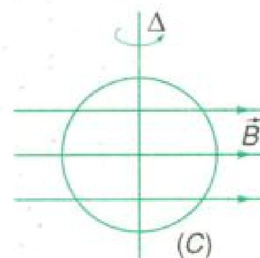
C. $\frac{1}{2}$ vòng quay. D. $\frac{1}{4}$ vòng quay.

4. Một mạch kín hình vuông, cạnh 10 cm, đặt vuông góc với một từ trường đều có độ lớn thay đổi theo thời gian. Tính tốc độ biến thiên của cảm ứng từ, biết cường độ dòng điện cảm ứng $i = 2$ A và điện trở của mạch $r = 5\ \Omega$.

5. Một khung dây dẫn hình vuông, cạnh $a = 10$ cm, đặt cố định trong một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với mặt khung. Trong khoảng thời gian $\Delta t = 0,05$ s, cho độ lớn của $\vec{B}$ tăng đều từ 0 đến 0,5 T. Xác định độ lớn của suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung.

6*. Một mạch kín tròn (C) bán kính R, đặt trong từ trường đều, trong đó vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ lúc đầu có hướng song song với mặt phẳng chứa (C) (Hình 24.4). Cho (C) quay đều xung quanh trục Δ cố định đi qua tâm của (C) và nằm trong mặt phẳng chứa (C) ; tốc độ quay là ω không đổi.

Xác định suất điện động cảm ứng cực đại xuất hiện trong (C).



Hình 24.4

25 TỰ CẢM

Trong bài này, chúng ta xét một loại hiện tượng cảm ứng điện từ đặc biệt là *hiện tượng tự cảm* : đó là hiện tượng cảm ứng điện từ xảy ra trong mạch có dòng điện biến thiên theo thời gian. Trước hết, hãy xét từ thông của một mạch kín đã có sẵn dòng điện.

I - TỪ THÔNG RIÊNG CỦA MỘT MẠCH KÍN

Giả sử có một mạch kín (C), trong đó có dòng điện cường độ i. Dòng điện i gây ra một từ trường, từ trường này gây ra một từ thông Φ qua (C) được gọi là *từ thông riêng* của mạch. Người ta đã chứng minh được rằng, từ thông này tỉ lệ với cảm ứng từ do i gây ra, nghĩa là tỉ lệ với i. Ta có thể viết :

$$\Phi = Li \quad (25.1)$$

L là một hệ số, chỉ phụ thuộc vào cấu tạo và kích thước của mạch kín (C) gọi là *độ tự cảm* của (C). Trong công thức (25.1), i tính ra ampe (A), Φ tính ra vêbe (Wb), khi đó độ tự cảm L tính ra henry (H).

Ví dụ : Một ống dây điện chiều dài l, tiết diện S, gồm tất cả N vòng dây, trong có dòng điện cường độ i chạy qua gây ra từ trường đều trong lòng ống dây đó. Cảm ứng từ B trong lòng ống dây cho bởi :

$$B = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{l}i$$

Dễ dàng tính được từ thông riêng của ống dây đó và suy ra độ tự cảm (viết trong hệ đơn vị SI) :

$$L = 4\pi.10^{-7}\frac{N^2}{l}S \quad (25.2)$$

C1 Hãy thiết lập công thức (25.2).

C1

Công thức này áp dụng đối với một ống dây điện hình trụ có chiều dài l khá lớn so với đường kính tiết diện S. Ống dây có độ tự cảm L đáng kể, được gọi là *ống dây tự cảm* hay *cuộn cảm*.

Chú ý : Trong các sơ đồ mạch điện, cuộn cảm được kí hiệu như trên Hình 25.1.



Hình 25.1

Chú thích : Để có được ống dây với độ tự cảm L lớn, trước hết ống dây phải cuốn nhiều vòng (N lớn), sau đó ống dây phải có một lõi sắt. Độ tự cảm của ống dây có lõi sắt được tính theo công thức $L = 4\pi.10^{-7}\mu \dfrac{N^2}{l}S$, trong đó μ là một hệ số (giá trị cỡ 10^4) gọi là *độ từ thẩm*, đặc trưng cho từ tính của lõi sắt.

II - HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

1. Định nghĩa

Trong mạch kín (C) có dòng điện cường độ i : Nếu do một nguyên nhân nào đó cường độ i biến thiên thì từ thông riêng của (C) biến thiên ; khi đó trong (C) xảy ra hiện tượng cảm ứng điện từ ; hiện tượng này gọi là *hiện tượng tự cảm*.

Hiện tượng tự cảm là hiện tượng cảm ứng điện từ xảy ra trong một mạch có dòng điện mà sự biến thiên từ thông qua mạch được gây ra bởi sự biến thiên của cường độ dòng điện trong mạch.

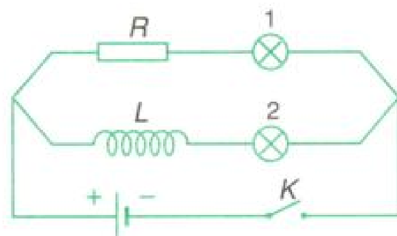
Trong các mạch điện một chiều, hiện tượng tự cảm thường xảy ra khi đóng mạch (dòng điện tăng lên đột ngột) và khi ngắt mạch (dòng điện giảm xuống 0).

Trong các mạch điện xoay chiều, luôn luôn xảy ra hiện tượng tự cảm, vì cường độ dòng điện xoay chiều biến thiên liên tục theo thời gian.

2. Một số ví dụ về hiện tượng tự cảm

a) *Ví dụ 1*

Thí nghiệm



Hình 25.2

Trong mạch điện vẽ trên Hình 25.2, hai đèn 1 và 2 giống nhau ; điện trở R và ống dây tự cảm L có cùng giá trị điện trở. Khi đóng khoá K, đèn 1 sáng lên ngay còn đèn 2 sáng lên từ từ.

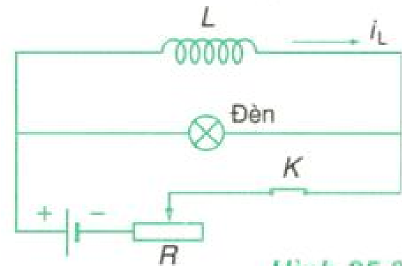
Giải thích

Khi đóng khoá K, dòng điện qua ống dây và đèn 2 tăng lên đột ngột, khi đó trong ống dây xảy ra hiện tượng cảm ứng điện từ – hiện tượng tự cảm. Suất điện động cảm ứng xuất hiện có tác dụng cản trở nguyên nhân sinh ra nó, nghĩa là cản trở sự tăng của dòng điện qua L. Do đó dòng điện qua L và qua đèn 2 tăng lên từ từ, không tăng nhanh như dòng điện qua đèn 1.

b) *Ví dụ 2*

Thí nghiệm

Trong mạch điện vẽ trên Hình 25.3, điều chỉnh biến trở R để độ sáng của đèn yếu, vừa đủ để trông rõ được sợi dây tóc. Nếu đột ngột ngắt khoá K, ta thấy *đèn sáng bừng lên trước khi tắt.* C2

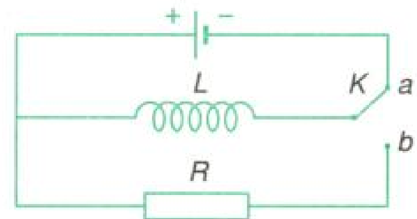


Hình 25.3

Giải thích

Ban đầu có dòng điện i_L chạy qua ống dây (theo chiều mũi tên). Khi ngắt K, dòng điện i_L giảm đột ngột xuống 0. Trong ống dây xảy ra hiện tượng tự cảm : Hiện tượng này có tác dụng chống lại sự giảm của i_L ; trong ống dây *xuất hiện dòng điện cảm ứng cùng chiều với* i_L *ban đầu*, dòng điện cảm ứng này chạy qua đèn và vì ngắt K đột ngột nên cường độ dòng cảm ứng khá lớn, làm cho đèn sáng bừng lên trước khi tắt.

C2 Trong mạch điện vẽ trên Hình 25.4, khoá K đang đóng ở vị trí a. Nếu chuyển K sang vị trí b thì điện trở R nóng lên. Hãy giải thích.



Hình 25.4

III - SUẤT ĐIỆN ĐỘNG TỰ CẢM

1. Khi có hiện tượng tự cảm xảy ra trong một mạch điện thì suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch được gọi là *suất điện động tự cảm*. Giá trị của nó được tính theo công thức tổng quát (24.3) :

$$e_{tc} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

trong đó Φ là từ thông riêng được cho bởi : $\Phi = Li$.

Vì L không đổi, nên $\Delta\Phi = L\Delta i$.

Vậy, suất điện động tự cảm có công thức :

$$e_{tc} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (25.3)$$

Suất điện động tự cảm có độ lớn tỉ lệ với tốc độ biến thiên của cường độ dòng điện trong mạch.

Dấu trừ trong (25.3) phù hợp với định luật Len-xơ.

2. Năng lượng từ trường của ống dây tự cảm

Trong thí nghiệm mô tả ở Hình 25.3, khi ngắt K, đèn sáng bừng lên trước khi tắt. Điều này chứng tỏ đã có một năng lượng giải phóng trong đèn. Năng lượng này chính là *năng lượng đã được tích luỹ trong ống dây tự cảm khi có dòng điện chạy qua.* Người ta chứng minh được rằng, khi có dòng điện cường độ i chạy qua ống dây tự cảm thì ống dây tích luỹ được một năng lượng cho bởi :

$$W = \frac{1}{2}Li^2 \quad (25.4)$$

C3 Chứng tỏ rằng, hai vế của (25.4) có cùng đơn vị là jun (J).

C3

Người ta cũng chứng minh được rằng, nguồn gốc của năng lượng này chính là năng lượng của từ trường tồn tại trong ống dây khi có dòng điện chạy qua.

IV - ỨNG DỤNG

Hiện tượng tự cảm có nhiều ứng dụng trong các mạch điện xoay chiều. Cuộn cảm là một phần tử quan trọng trong các mạch điện xoay chiều có mạch dao động và các máy biến áp...

- **Khi trong mạch điện có cường độ dòng điện biến thiên thì trong mạch xuất hiện suất điện động tự cảm :**

$$e_{tc} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

- **Khi cuộn cảm có dòng điện cường độ *i* chạy qua thì trong cuộn cảm tích luỹ năng lượng dưới dạng năng lượng từ trường :**

$$W = \frac{1}{2}Li^2$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Trong những trường hợp nào có hiện tượng tự cảm ?
2. Phát biểu định nghĩa từ thông riêng, độ tự cảm của một mạch kín.
3. Độ lớn của suất điện động tự cảm phụ thuộc vào những đại lượng nào ?



4. Chọn câu đúng.

   Một ống dây có độ tự cảm L ; ống dây thứ hai có số vòng dây tăng gấp đôi và diện tích mỗi vòng dây giảm một nửa so với ống dây thứ nhất. Nếu hai ống dây có chiều dài như nhau thì độ tự cảm của ống dây thứ hai là

   A. L. B. $2L$. C. $\frac{L}{2}$. D. $4L$.

5. Phát biểu nào dưới đây là *sai* ?

   Suất điện động tự cảm có giá trị lớn khi

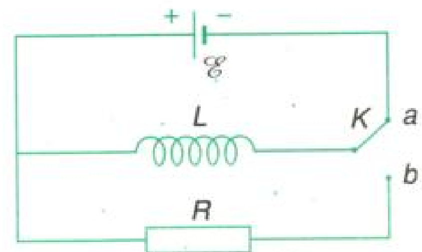
   A. dòng điện tăng nhanh.

   B. dòng điện giảm nhanh.

   C. dòng điện có giá trị lớn.

   D. dòng điện biến thiên nhanh.

6. Tính độ tự cảm của một ống dây hình trụ có chiều dài 0,5 m gồm 1 000 vòng dây, mỗi vòng dây có đường kính 20 cm.
7. Suất điện động tự cảm 0,75 V xuất hiện trong một cuộn cảm có L = 25 mH ; tại đó cường độ dòng điện giảm từ giá trị i_a xuống 0 trong 0,01 s. Tính i_a.
8. Trong mạch điện Hình 25.5, cuộn cảm L có điện trở bằng 0. Dòng điện qua L bằng 1,2 A ; độ tự cảm L = 0,2 H. Chuyển K sang vị trí b, tính nhiệt lượng toả ra trong R.



Hình 25.5

Tổng kết chương V CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1. Từ thông qua một mặt S (có chu vi là (C)) đặt trong một từ trường đều $\vec{B}$ (từ thông qua mạch kín (C)) :

$$\Phi = BS\cos\alpha$$

2. Hiện tượng cảm ứng điện từ : Khi từ thông qua mạch kín (C) biến thiên thì trong mạch kín (C) xuất hiện dòng điện cảm ứng. Hiện tượng cảm ứng điện từ chỉ tồn tại trong khoảng thời gian từ thông qua mạch kín (C) biến thiên.

3. Định luật Len-xơ : Dòng điện cảm ứng xuất hiện trong mạch có chiều sao cho từ trường cảm ứng có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông ban đầu qua mạch kín.

Khi từ thông qua mạch kín biến thiên do kết quả của một chuyển động nào đó thì từ trường cảm ứng có tác dụng chống lại chuyển động nói trên.

4. Định luật Fa-ra-đây : Độ lớn của suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch kín tỉ lệ với tốc độ biến thiên từ thông qua mạch kín đó :

$$e_c = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

5. Hiện tượng tự cảm : là hiện tượng cảm ứng điện từ xảy ra trong một mạch điện có cường độ dòng điện biến thiên.

Khi trong mạch điện có cường độ dòng điện biến thiên thì trong mạch xuất hiện suất điện động tự cảm :

$$e_{tc} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

26 KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

Ở lớp 9, ta đã bước đầu tìm hiểu hiện tượng khúc xạ ánh sáng về mặt định tính. Trong bài học sau đây, chúng ta sẽ khảo sát đầy đủ hơn hiện tượng này về mặt định lượng.



Hình 26.1
Do hiện tượng khúc xạ ánh sáng, ta thấy thìa trong cốc như bị gãy ở mặt nước.



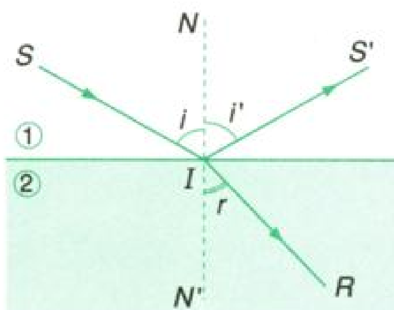
Xnen (Willebrord Snell) giáo sư toán và vật lí tại Đại học Lây-đen (Leyden), người đã khám phá ra định luật khúc xạ ánh sáng đồng thời với Đề-các (Descartes).

I - SỰ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

1. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng

Khúc xạ ánh sáng là hiện tượng lệch phương (gãy) của các tia sáng khi truyền xiên góc qua mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt khác nhau.

2. Định luật khúc xạ ánh sáng



Hình 26.2

Ở Hình 26.2, ta gọi :

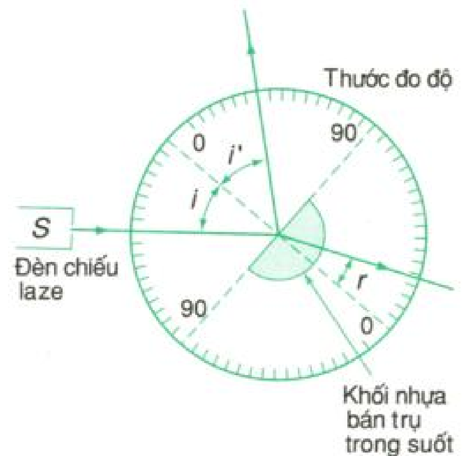
- SI : tia tới ; I : điểm tới ;
- $N'IN$: pháp tuyến với mặt phân cách tại I ;
- IR : tia khúc xạ ;
- i : góc tới ; r : góc khúc xạ.

Khi thay đổi góc tới i, thực nghiệm cho kết quả sau đây, được gọi là định luật khúc xạ ánh sáng :

– Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới (tạo bởi tia tới và pháp tuyến) và ở phía bên kia pháp tuyến so với tia tới.

– Với hai môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin góc tới (sini) và sin góc khúc xạ (sinr) luôn không đổi :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{hằng số} \qquad (26.1)$$



Hình 26.3
Dụng cụ đo các góc i và r để nghiệm lại định luật khúc xạ ánh sáng.

II - CHIẾT SUẤT CỦA MÔI TRƯỜNG

1. Chiết suất tỉ đối

Tỉ số không đổi $\frac{\sin i}{\sin r}$ trong hiện tượng khúc xạ được gọi là *chiết suất tỉ đối* n_{21} của môi trường (2), (chứa tia khúc xạ) đối với môi trường (1) (chứa tia tới) :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} \qquad (26.2)$$

– Nếu $n_{21} > 1$ thì $r < i$: Tia khúc xạ bị lệch lại gần pháp tuyến hơn. Ta nói môi trường (2) *chiết quang hơn* môi trường (1).

– Nếu $n_{21} < 1$ thì $r > i$: Tia khúc xạ bị lệch xa pháp tuyến hơn. Môi trường (2) *chiết quang kém* môi trường (1).

2. Chiết suất tuyệt đối

Chiết suất tuyệt đối (thường gọi tắt là chiết suất) của một môi trường là chiết suất tỉ đối của môi trường đó đối với chân không.

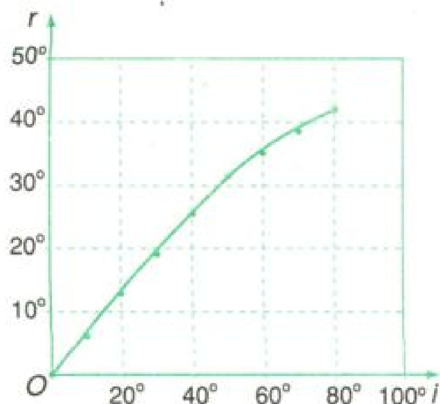
Như vậy, chiết suất của chân không là 1.

Chiết suất của không khí là 1,000293 (rất gần với chiết suất của chân không) nên thường được tính tròn là 1, nếu không cần độ chính xác cao.

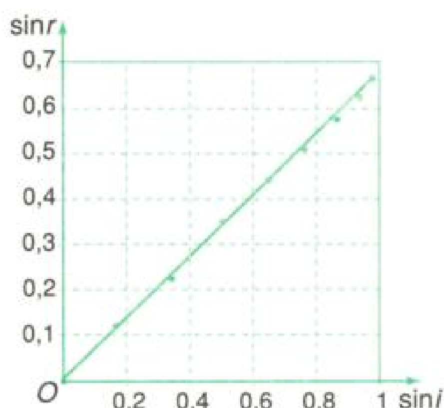
Bảng 26.1

Kết quả đo góc tới i và góc khúc xạ r tương ứng trong thí nghiệm ở Hình 26.3.

i	r	sin$i$	sin$r$
0°	0°	0	0
10°	6,5°	0,174	0,113
20°	13°	0,342	0,225
30°	19,5°	0,500	0,334
40°	25,5°	0,643	0,431
50°	31°	0,766	0,515
60°	35°	0,866	0,574
70°	39°	0,940	0,629
80°	41,5°	0,985	0,663



Hình 26.4
Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của góc r vào góc i theo Bảng 26.1



Hình 26.5
Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của sinr vào sini theo Bảng 26.1

Mọi môi trường trong suốt đều có chiết suất tuyệt đối lớn hơn 1.

Có thể thiết lập được hệ thức :

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (26.3)$$

trong đó :

n_2 là chiết suất (tuyệt đối) của môi trường (2) ;

n_1 là chiết suất (tuyệt đối) của môi trường (1).

Vậy công thức của định luật khúc xạ có thể viết theo dạng đối xứng : C1 ; C2 ; C3

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \qquad (26.4)$$

III - TÍNH THUẬN NGHỊCH CỦA SỰ TRUYỀN ÁNH SÁNG

Thí nghiệm cho thấy : Ở Hình 26.2, nếu đảo chiều, cho ánh sáng truyền từ nước ra không khí theo tia *RI* thì nó khúc xạ vào không khí theo tia *IS*. Như vậy, *ánh sáng truyền đi theo đường nào thì cũng truyền ngược lại theo đường đó.*

Đây là *tính thuận nghịch* của sự truyền ánh sáng.

Từ tính thuận nghịch, ta suy ra :

$$n_{12} = \frac{1}{n_{21}} \qquad (26.5)$$

Tính thuận nghịch này cũng biểu hiện ở sự truyền thẳng và sự phản xạ.

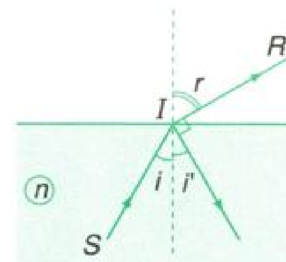
C1 Viết công thức của định luật khúc xạ với các góc nhỏ (< 10°).

C2 Áp dụng định luật khúc xạ cho trường hợp $i = 0^o$. Kết luận.

C3 Hãy áp dụng công thức của định luật khúc xạ cho sự khúc xạ liên tiếp vào nhiều môi trường có chiết suất lần lượt là n_1, n_2,... n_n và có các mặt phân cách song song với nhau. Nhận xét.

Bài tập ví dụ

Tia sáng truyền từ một chất trong suốt có chiết suất n tới mặt phân cách với môi trường không khí. Góc khúc xạ trong không khí là 60^o. Tia phản xạ ở mặt phân cách có phương vuông góc với tia khúc xạ (Hình 26.6). Tính chiết suất n.



Hình 26.6

Giải

Theo đề bài : $i' + r = 90^o$

Ta suy ra : $i + r = 90^o$

Áp dụng định luật khúc xạ : $n\sin i = \sin r$

Từ đó : $n = \dfrac{\sin r}{\sin i}$

Vì $\sin i = \cos r$, nên : $n = \tan r$

Thay số, ta được : $n = \tan 60^o = \sqrt{3} \approx 1,73$.

Ghi chú : Nguyên nhân của hiện tượng khúc xạ là sự thay đổi tốc độ truyền ánh sáng. Người ta thiết lập được hệ thức về chiết suất tuyệt đối n của một môi trường như sau :

$$n = \frac{c}{v}$$

trong đó :

c là tốc độ ánh sáng trong chân không ;

v là tốc độ ánh sáng trong môi trường.

Bảng 26.2. Chiết suất của một số môi trường[1]

Chất rắn (20°C)	Chiết suất	Chất rắn (20°C)	Chiết suất
Kim cương	2,419	Muối ăn (NaCl)	1,544
Thuỷ tinh crao	1,464 ÷ 1,532	Hổ phách	1,546
Thuỷ tinh flin	1,603 ÷ 1,865	Polistiren	1,590
Nước đá	1,309	Xaphia	1,768
Chất lỏng (20°C)	**Chiết suất**	**Chất lỏng (20°C)**	**Chiết suất**
Nước	1,333	Rượu êtilic	1,361
Benzen	1,501	Glixerol	1,473
Chất khí (0°C ; 1 atm)	**Chiết suất**	**Chất khí (0°C ; 1 atm)**	**Chiết suất**
Không khí	1,000293	Khí cacbonic	1,00045

Định luật khúc xạ ánh sáng :

– Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở phía bên kia pháp tuyến so với tia tới.

– Với hai môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin góc tới (sin*i*) và sin góc khúc xạ (sin*r*) luôn không đổi :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{hằng số}$$

(1) Xác định với ánh sáng vàng do natri phát ra (xem bài *Lăng kính*).

❖ **Chiết suất :**

– **Chiết suất tỉ đối :** $n_{21} = \frac{\sin i}{\sin r}$

– **Chiết suất tuyệt đối :**

+ Chiết suất tỉ đối đối với chân không

+ Ta có : $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$

❖ **Công thức của định luật khúc xạ ánh sáng viết dưới dạng đối xứng :** $n_1\sin i = n_2\sin r$.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

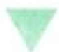


1. Thế nào là hiện tượng khúc xạ ánh sáng ? Phát biểu định luật khúc xạ ánh sáng.
2. Chiết suất tỉ đối n_{21} của môi trường (2) đối với môi trường (1) là gì ?
3. Chiết suất (tuyệt đối) n của một môi trường là gì ?

   Viết hệ thức liên hệ giữa chiết suất tỉ đối và chiết suất tuyệt đối.
4. Thế nào là tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng ?

   Chứng tỏ : $n_{12} = \frac{1}{n_{21}}$.

   Nước có chiết suất là $\frac{4}{3}$. Chiết suất của không khí đối với nước là bao nhiêu ?



5. Một tia sáng truyền đến mặt thoáng của nước. Tia này cho một tia phản xạ ở mặt thoáng và một tia khúc xạ.

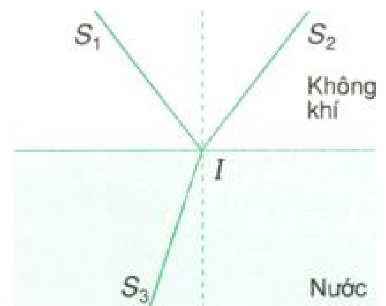
   Người vẽ các tia sáng này quên ghi lại chiều truyền trong Hình 26.7. Tia nào dưới đây là tia tới ?

   A. Tia S_1I.

   B. Tia S_2I.

   C. Tia S_3I.

   D. S_1I ; S_2I ; S_3I đều có thể là tia tới.

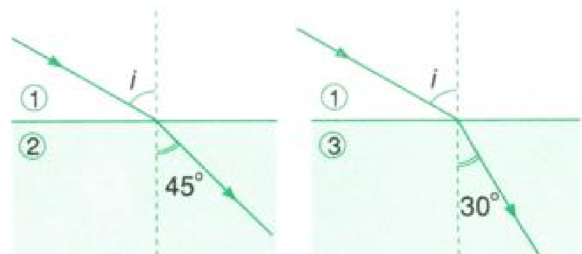


Hình 26.7

6. Tia sáng truyền từ nước và khúc xạ ra không khí. Tia khúc xạ và tia phản xạ ở mặt nước vuông góc với nhau. Nước có chiết suất là $\frac{4}{3}$. Góc tới của tia sáng là bao nhiêu (tính tròn số) ?

   A. 37°. B. 42°. C. 53°.

   D. Một giá trị khác A, B, C.
7. Có ba môi trường trong suốt ①, ②, ③. Với cùng góc tới i, một tia sáng khúc xạ như Hình 26.8 khi truyền từ ① vào ② và từ ① vào ③.



Hình 26.8

Vẫn với góc tới i, khi tia sáng truyền từ ② vào ③ thì góc khúc xạ là bao nhiêu (tính tròn số) ?

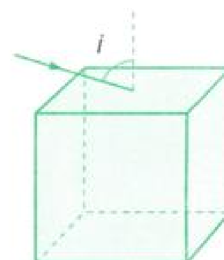
A. 22°. B. 31°.

C. 38°. D. Không tính được, vì thiếu yếu tố.

8. Một cái thước được cắm thẳng đứng vào bình nước có đáy phẳng, ngang. Phần thước nhô khỏi mặt nước là 4 cm. Chếch ở trên có một ngọn đèn. Bóng của thước trên mặt nước dài 4 cm và ở đáy dài 8 cm.

Tính chiều sâu của nước trong bình. Chiết suất của nước là $\frac{4}{3}$.

9. Một tia sáng được chiếu đến điểm giữa của mặt trên một khối lập phương trong suốt, chiết suất n = 1,50 (Hình 26.9). Tìm góc tới i lớn nhất để tia khúc xạ vào trong khối còn gặp mặt đáy của khối.



Hình 26.9

Em có biết ?

SỰ TẠO ẢNH QUA LƯỠNG CHẤT PHẲNG

Trong đời sống, ta thường gặp trường hợp nhìn ảnh của một vật do khúc xạ ánh sáng mà có, chẳng hạn như nhìn một con cá bơi lội trong hồ nước, nhìn hòn sỏi ở đáy suối,... (Hình 26.10).



Hình 26.10

Bắn thế nào để mũi tên trúng con cá ?

Khi đó, ánh sáng đã khúc xạ qua mặt phẳng phân cách hai môi trường trong suốt. Hệ hai môi trường này tạo thành một *lưỡng chất phẳng.*

Ảnh của vật được tạo bởi một chùm tia sáng rất hẹp đi vào mắt. Nếu quan sát theo phương vuông góc với mặt phẳng phân cách, ta có thể thiết lập được công thức xác định vị trí ảnh (công thức của lưỡng chất phẳng).

Thật vậy, theo Hình 26.11, ta có :

$$HI = HS_2 \tan r \approx HS_2 \sin r$$

$$= HS_1 \tan i \approx HS_1 \sin i$$

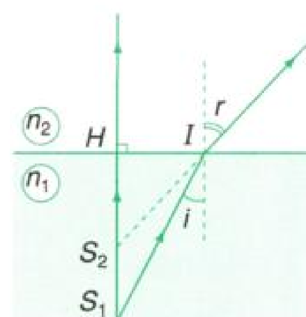
Do đó : $\frac{HS_2}{HS_1} \approx \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$

Vậy : $$\frac{HS_2}{n_2} \approx \frac{HS_1}{n_1} \quad (26.6)$$

Nếu nhìn từ không khí vào nước thì

$n_2 = 1$; $n_1 = \frac{4}{3}$. Do đó $HS_2 = \frac{3}{4}HS_1$.

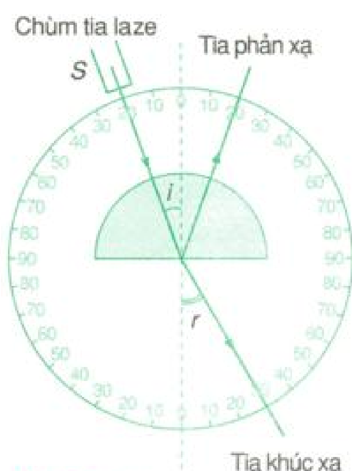
Ảnh được "nâng" lên gần mặt nước so với vật.



Hình 26.11

27 PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

Ngày nay, mọi người đều nghe nói đến cáp quang dùng trong Công nghệ thông tin, trong Y học,... Hiện tượng cơ bản được áp dụng trong cáp quang là phản xạ toàn phần.
Phản xạ toàn phần là gì ?



Hình 27.1

C1 Tại sao ở mặt cong của bán trụ, chùm tia tới hẹp truyền theo phương bán kính lại truyền thẳng ?

C2 Vận dụng tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng, hãy nêu ra các kết quả khi ánh sáng truyền vào môi trường *chiết quang hơn*.

I - SỰ TRUYỀN ÁNH SÁNG VÀO MÔI TRƯỜNG CHIẾT QUANG KÉM HƠN ($n_1 > n_2$)

1. Thí nghiệm

Ta cho một chùm tia sáng hẹp truyền từ khối nhựa trong suốt hình bán trụ vào không khí với các dụng cụ bố trí theo sơ đồ ở Hình 27.1. **C1**

Thay đổi độ nghiêng của chùm tia tới (thay đổi góc tới i) và quan sát chùm tia khúc xạ ra không khí. **C2**

Kết quả :

Góc tới	Chùm tia khúc xạ	Chùm tia phản xạ
• Nhỏ	• Lệch xa pháp tuyến (so với tia tới) • Rất sáng	• Rất mờ
• Có giá trị đặc biệt i_{gh}	• Gần như sát mặt phân cách • Rất mờ	• Rất sáng
• Có giá trị lớn hơn giá trị i_{gh}	• Không còn	• Rất sáng

2. Góc giới hạn phản xạ toàn phần

– Khi chùm tia sáng khúc xạ ở mặt phân cách hai môi trường, ta có :

$$n_1\sin i = n_2\sin r$$

Suy ra : $$\sin r = \frac{n_1}{n_2}\sin i$$

Vì $n_1 > n_2$ nên : $\sin r > \sin i$. Do đó $r > i$.

Chùm tia khúc xạ lệch xa pháp tuyến hơn so với chùm tia tới.

– Khi góc i tăng thì góc r cũng tăng (với $r > i$). Do đó, khi r đạt giá trị cực đại 90° thì i đạt giá trị i_{gh} gọi là *góc giới hạn* phản xạ toàn phần (Hình 27.2), còn gọi là *góc tới hạn*.



Hình 27.2

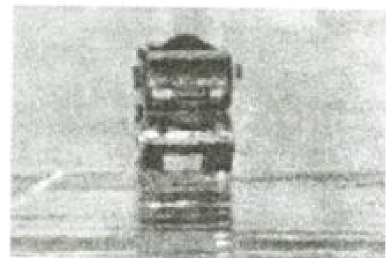
Khi đó ta có : $n_1\sin i_{gh} = n_2\sin 90^o$

Suy ra : $$\mathbf{\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1}} \quad (27.1)$$

– Với $i > i_{gh}$, nếu áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng, ta có :

$$\sin r = \frac{n_1}{n_2}\sin i > 1 \text{ (vô lí)}$$

Điều này phản ánh thực tế là không có tia khúc xạ, toàn bộ tia sáng bị phản xạ ở mặt phân cách. Đó là hiện tượng *phản xạ toàn phần*.


Hình 27.3 Ảo tượng

Lúc trưa nắng, mặt đường nhựa khô ráo, nhưng nhìn từ xa có vẻ như ướt nước (Hình 27.3). Đó là vì các tia sáng phản xạ toàn phần trên lớp không khí sát mặt đường và đi vào mắt.

II - HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

1. Định nghĩa

Phản xạ toàn phần là hiện tượng phản xạ toàn bộ tia sáng tới, xảy ra ở mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt.

Khi có phản xạ toàn phần thì không còn tia khúc xạ.

Ta gọi là *toàn phần* để phân biệt với phản xạ *một phần* luôn xảy ra đi kèm với sự khúc xạ.

2. Điều kiện để có phản xạ toàn phần

a) *Ánh sáng truyền từ một môi trường tới môi trường chiết quang kém hơn.*

$$n_2 < n_1$$

b) *Góc tới lớn hơn hoặc bằng góc giới hạn :*

$$i \geq i_{gh}$$

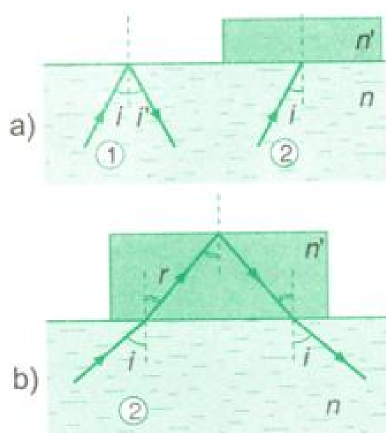


Hình 27.4
Kim cương sáng lóng lánh do phản xạ toàn phần

Bài tập ví dụ

Có hai tia sáng song song nhau, truyền trong nước. Tia (1) gặp mặt thoáng của nước. Tia (2) gặp một bản thuỷ tinh hai mặt song song, đặt sát mặt nước (Hình 27.5a).

Nếu tia (1) phản xạ toàn phần, thì tia (2) có ló ra không khí được không ?



Hình 27.5

Giải

Đặt n và n' lần lượt là chiết suất của nước và thuỷ tinh.

Vì tia (1) phản xạ toàn phần nên : $\sin i > \frac{1}{n}$.

Xét tia (2) khúc xạ vào thuỷ tinh với góc khúc xạ r. Ta có :

$$n\sin i = n'\sin r \text{ hay } \sin r = \frac{n}{n'}\sin i$$

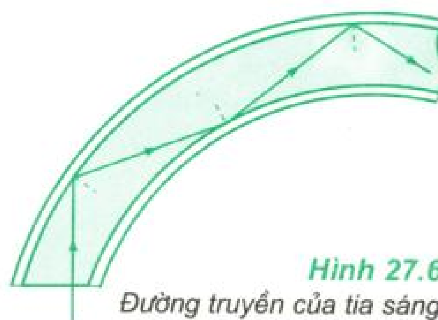
Tia này tới mặt phân cách với không khí với góc tới là r.

$$\sin r = \frac{n}{n'}\sin i > \frac{n}{n'}\cdot\frac{1}{n} = \frac{1}{n'} = \sin i'_{gh}$$

Suy ra : $r > i'_{gh}$ (i'_{gh} : góc giới hạn giữa thuỷ tinh và không khí).

Tia (2) phản xạ toàn phần và không khúc xạ ra không khí được (Hình 27.5b).

III - ỨNG DỤNG CỦA HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN : CÁP QUANG



Hình 27.6
Đường truyền của tia sáng trong sợi quang

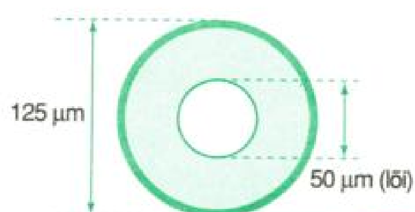
1. Cấu tạo

Cáp quang là bó sợi quang. Mỗi sợi quang là một dây trong suốt có tính dẫn sáng nhờ phản xạ toàn phần (Hình 27.6).

Sợi quang gồm hai phần chính (Hình 27.7) :

– Phần lõi trong suốt bằng thuỷ tinh siêu sạch có *chiết suất lớn* (n_1).

– Phần vỏ bọc cũng trong suốt, bằng thuỷ tinh có chiết suất n_2 *nhỏ hơn phần lõi*.



Hình 27.7
Cấu tạo của sợi quang

Phản xạ toàn phần xảy ra ở mặt phân cách giữa lõi và vỏ làm cho ánh sáng truyền đi được theo sợi quang.

Ngoài cùng là một số lớp vỏ bọc bằng nhựa dẻo để tạo cho cáp độ bền và độ dai cơ học.

2. Công dụng



Hình 27.8
Cáp quang dùng trong phép nội soi

Từ những năm 80 của thế kỉ XX, cáp quang đã được ứng dụng vào việc truyền thông tin. Cáp quang có nhiều ưu điểm so với cáp bằng đồng :

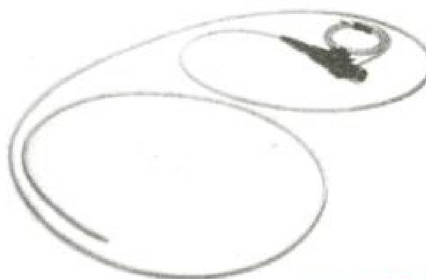
– Dung lượng tín hiệu lớn.

– Nhỏ và nhẹ, dễ vận chuyển, dễ uốn.

– Không bị nhiễu bởi các bức xạ điện từ bên ngoài, bảo mật tốt.

– Không có rủi ro cháy (vì không có dòng điện).

Cáp quang còn được dùng để nội soi trong Y học (Hình 27.8 và 27.9). Loại cáp này gồm các sợi quang rất nhỏ. Một cáp quang thường dùng có thể gồm hàng trăm sợi quang.



Hình 27.9
Thiết bị nội soi

- **Phản xạ toàn phần là hiện tượng phản xạ toàn bộ tia sáng tới, xảy ra ở mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt.**
- **Điều kiện để có phản xạ toàn phần :** $\begin{cases} n_2 < n_1 \\ i \geq i_{gh} \end{cases}$ $\quad (\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1})$
- **Cáp quang là dây dẫn sáng ứng dụng phản xạ toàn phần để truyền tín hiệu trong thông tin và để nội soi trong Y học.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Thế nào là phản xạ toàn phần ? Nêu điều kiện để có phản xạ toàn phần.

2. So sánh phản xạ toàn phần với phản xạ thông thường.

3. Cáp quang là gì ? Hãy cho biết cấu tạo của cáp quang. Nêu một vài ứng dụng.

4. Giải thích tại sao kim cương (Hình 27.4) và pha lê sáng lóng lánh. Người ta tạo ra nhiều mặt cho viên kim cương hay các vật bằng pha lê để làm gì ?



5. Một chùm tia sáng hẹp truyền từ môi trường (1) chiết suất n_1 tới mặt phẳng phân cách với môi trường (2) chiết suất n_2. Cho biết $n_1 < n_2$ và i có giá trị thay đổi. Trường hợp nào sau đây có hiện tượng phản xạ toàn phần ?

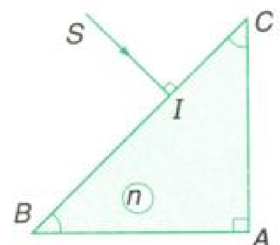
A. Chùm tia sáng gần như sát mặt phẳng phân cách.

B. Góc tới i thoả mãn điều kiện $\sin i > \frac{n_1}{n_2}$.

C. Góc tới i thoả mãn điều kiện $\sin i < \frac{n_1}{n_2}$.

D. Không trường hợp nào đã nêu.

6. Một chùm tia sáng hẹp SI truyền trong mặt phẳng tiết diện vuông góc của một khối trong suốt như Hình 27.10. Tia sáng phản xạ toàn phần ở mặt AC.



Hình 27.10

Trong điều kiện đó, chiết suất n của khối trong suốt có giá trị như thế nào ?

A. $n \geq \sqrt{2}$.   B. $n < \sqrt{2}$.

C. $1 < n < \sqrt{2}$.   D. Không xác định được.

7. Có ba môi trường trong suốt. Với cùng góc tới :

– Nếu tia sáng truyền từ (1) vào (2) thì góc khúc xạ là 30°.

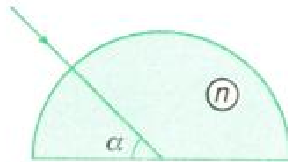
– Nếu tia sáng truyền từ (1) vào (3) thì góc khúc xạ là 45°.

Góc giới hạn phản xạ toàn phần ở mặt phân cách (2) và (3) có giá trị như thế nào (tính tròn số) ?

A. 30°. B. 42°.

C. 45°. D. Không tính được.

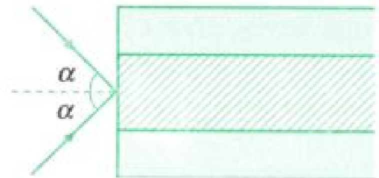
8. Một khối bán trụ trong suốt có chiết suất $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$. Một chùm tia sáng hẹp nằm trong một mặt phẳng của tiết diện vuông góc, chiếu tới khối bán trụ như Hình 27.11. Xác định đường đi của chùm tia sáng với các giá trị sau đây của góc α.



Hình 27.11

a) $\alpha = 60°$; b) $\alpha = 45°$; c) $\alpha = 30°$.

9. Một sợi quang hình trụ, lõi có chiết suất $n_1 = 1,50$. Phần vỏ bọc có chiết suất $n_2 = 1,41 \approx \sqrt{2}$. Chùm tia tới hội tụ ở mặt trước của sợi với góc 2α như Hình 27.12. Xác định α để các tia sáng của chùm truyền đi được trong ống.



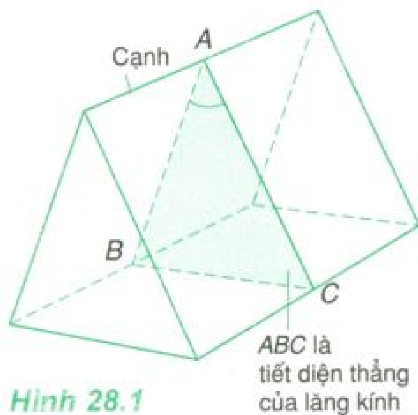
Hình 27.12

Tổng kết chương VI KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

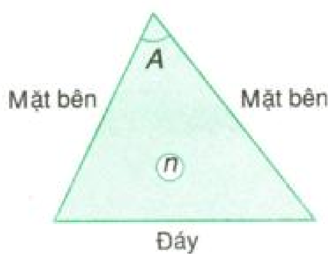
Hiện tượng	Các nội dung chính	Ứng dụng
1. Khúc xạ ánh sáng	• *Công thức :* $n_1\sin i = n_2\sin r$ • *Chiết suất :* $n_{21} = \frac{1}{n_{12}} = \frac{n_2}{n_1}$	Hầu hết các dụng cụ quang đều áp dụng hiện tượng khúc xạ ánh sáng.
2. Phản xạ toàn phần	• Toàn bộ ánh sáng tới phản xạ (không còn khúc xạ). • *Điều kiện :* $\begin{cases} n_2 < n_1 \\ i \geq i_{gh} \end{cases}$ $\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1}$	*Cáp quang* (dùng trong Công nghệ thông tin và Y học).

28 LĂNG KÍNH

Lăng kính là bộ phận chính của *máy quang phổ*, một dụng cụ dùng để phân tích ánh sáng.



Hình 28.1



Hình 28.2

I - CẤU TẠO CỦA LĂNG KÍNH

Lăng kính là một khối chất trong suốt, đồng chất (thuỷ tinh, nhựa...), thường có dạng lăng trụ tam giác (Hình 28.1).

Khi sử dụng lăng kính, chùm tia sáng hẹp được chiếu truyền qua lăng kính trong một mặt phẳng vuông góc với cạnh của khối lăng trụ. Do đó, lăng kính được biểu diễn bằng tam giác tiết diện thẳng (Hình 28.2).

Các phần tử của lăng kính gồm : *cạnh, đáy, hai mặt bên*.

Về phương diện quang học, một lăng kính được đặc trưng bởi :

- *Góc chiết quang A* ;
- *Chiết suất n*.

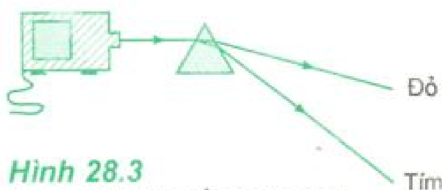
Ta sẽ khảo sát lăng kính đặt trong không khí.

II - ĐƯỜNG TRUYỀN CỦA TIA SÁNG QUA LĂNG KÍNH

1. Tác dụng tán sắc ánh sáng trắng

Ở lớp 9, ta đã biết, ánh sáng trắng (ánh sáng mặt trời) gồm nhiều ánh sáng màu và lăng kính có tác dụng phân tích chùm sáng trắng truyền qua nó thành nhiều chùm sáng màu khác nhau (Hình 28.3).

Đó là *sự tán sắc* ánh sáng bởi lăng kính do Niu-tơn khám phá ra năm 1669.



Hình 28.3
Lăng kính tán sắc ánh sáng

Dưới đây, ta chỉ xét sự truyền của một chùm tia sáng hẹp đơn sắc (có một màu nhất định) qua một lăng kính.

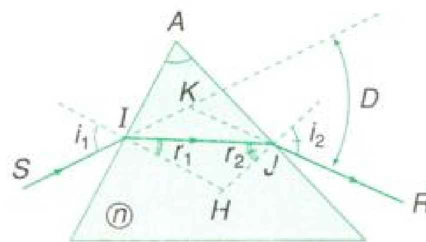
2. Đường truyền của tia sáng qua lăng kính

Chiếu đến mặt bên của lăng kính một chùm tia sáng hẹp đơn sắc *SI* như ở Hình 28.4.

- Tại *I* : tia khúc xạ lệch gần pháp tuyến, nghĩa là lệch về phía đáy lăng kính. **C1**
- Tại *J* : tia khúc xạ lệch xa pháp tuyến, tức là cũng lệch về đáy lăng kính.

Vậy, khi có tia ló ra khỏi lăng kính thì tia ló bao giờ cũng lệch về đáy lăng kính so với tia tới.

Góc tạo bởi tia ló và tia tới gọi là *góc lệch D* của tia sáng khi truyền qua lăng kính.



Hình 28.4

C1 Tại sao khi ánh sáng truyền từ không khí vào lăng kính, luôn có sự khúc xạ và tia khúc xạ lệch gần pháp tuyến hơn so với tia tới ?

III - CÁC CÔNG THỨC LĂNG KÍNH

Xét đường truyền của tia sáng qua lăng kính như ở Hình 28.4.

Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng và một số định lí hình học về góc, ta thiết lập được các công thức lăng kính sau đây :

$$\sin i_1 = n\sin r_1 \;;\; A = r_1 + r_2$$
$$\sin i_2 = n\sin r_2 \;;\; D = i_1 + i_2 - A \qquad (28.1)$$

C2

Ghi chú :

Nếu các góc i_1 và A nhỏ (< 10^o) thì các công thức này có thể viết :

$i_1 = nr_1$; $i_2 = nr_2$

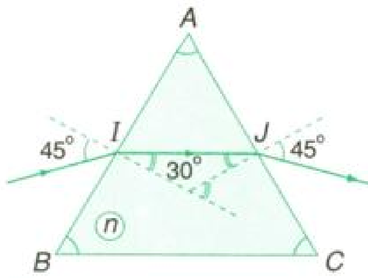
$A = r_1 + r_2$

$D = (n - 1)A$

C2 Hãy thiết lập các công thức lăng kính.

Bài tập ví dụ

Một lăng kính thuỷ tinh có chiết suất $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$. Tiết diện thẳng của lăng kính là tam giác đều ABC. Chiếu một tia sáng nằm trong mặt phẳng của tiết diện thẳng, tới AB với góc tới $i_1 = 45^o$. Xác định đường truyền của tia sáng.



Hình 28.5

Giải

– Tại I (luôn có tia khúc xạ), ta có :

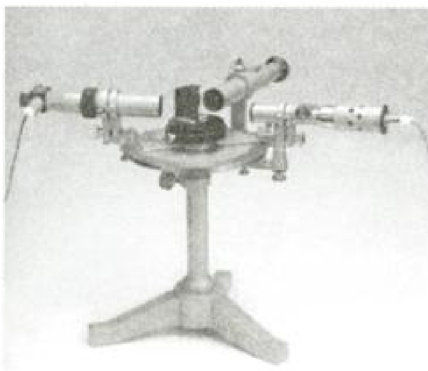
$$\sin i_1 = n\sin r_1$$

$$\sin r_1 = \frac{\sin 45^o}{n} = \frac{1}{2}$$

$$r_1 = 30^o$$

– Tại J : $r_2 = 60^o - 30^o = 30^o$

Áp dụng tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng, ta suy ra ở J có tia khúc xạ với góc khúc xạ là : $i_2 = 45^o$.


Hình 28.6 Máy quang phổ

Ghi chú : Ngày nay, phần lớn máy quang phổ dùng *cách tử* thay vì dùng lăng kính.

IV - CÔNG DỤNG CỦA LĂNG KÍNH

Lăng kính có nhiều công dụng trong khoa học và kĩ thuật. Có thể kể :

1. Máy quang phổ

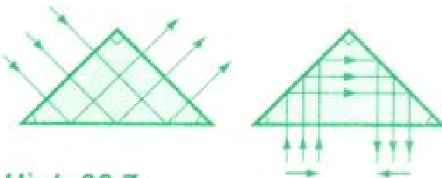
Lăng kính là bộ phận chính của máy quang phổ (Hình 28.6).

Máy này phân tích ánh sáng từ nguồn phát ra thành các thành phần đơn sắc, nhờ đó xác định được cấu tạo của nguồn sáng.

Máy quang phổ có thể gồm một hoặc hai lăng kính.

2. Lăng kính phản xạ toàn phần

Lăng kính phản xạ toàn phần là lăng kính thuỷ tinh có tiết diện thẳng là một tam giác vuông cân (Hình 28.7). Lăng kính phản xạ toàn phần được sử dụng để tạo ảnh thuận chiều (ống nhòm, máy ảnh...). C3


Hình 28.7

C3 Giải thích sự phản xạ toàn phần ở hai mặt bên của lăng kính ở Hình 28.7.

- **Một lăng kính được đặc trưng bởi góc chiết quang A và chiết suất n.**
- **Tia ló ra khỏi lăng kính luôn lệch về đáy lăng kính so với tia tới.**
- **Công thức lăng kính :**

$$\sin i_1 = n\sin r_1$$
$$\sin i_2 = n\sin r_2$$
$$A = r_1 + r_2$$
$$D = i_1 + i_2 - A$$

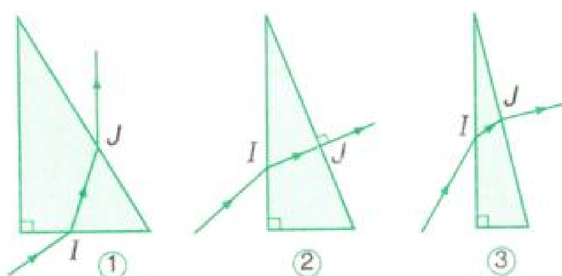
- **Lăng kính là bộ phận chính của máy quang phổ.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Lăng kính là gì ? Nêu cấu tạo và các đặc trưng quang học của lăng kính.
2. Trình bày tác dụng của lăng kính đối với sự truyền ánh sáng qua nó. Xét hai trường hợp :
   – Ánh sáng đơn sắc ;
   – Ánh sáng trắng.
3. Nêu các công dụng của lăng kính.

4. Có ba trường hợp truyền tia sáng qua lăng kính như Hình 28.8.



Hình 28.8

Ở (các) trường hợp nào sau đây, lăng kính *không* làm lệch tia ló về phía đáy ?

A. Trường hợp ①.

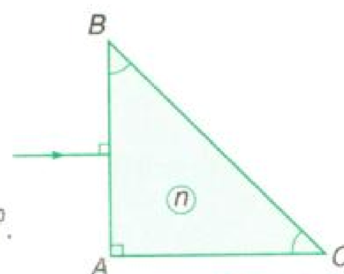
B. Hai trường hợp ② và ③.

C. Ba trường hợp ①, ② và ③.

D. Không trường hợp nào.

5. Cho tia sáng truyền tới lăng kính như Hình 28.9.

Tia ló truyền đi sát mặt BC. Góc lệch tạo bởi lăng kính có giá trị nào sau đây ?



Hình 28.9

A. 0°. B. $22{,}5^\circ$.

C. 45°. D. 90°.

6. Tiếp theo bài tập 5.

Chiết suất n của lăng kính có giá trị nào sau đây ? (Tính tròn với một chữ số thập phân).

A. 1,4. B. 1,5.

C. 1,7. D. Khác A, B, C.

7. Lăng kính thuỷ tinh có tiết diện thẳng là tam giác cân ABC đỉnh A. Một tia sáng đơn sắc được chiếu vuông góc tới mặt bên AB. Sau hai lần phản xạ toàn phần trên hai mặt AC và AB, tia sáng ló ra khỏi đáy BC theo phương vuông góc với BC.

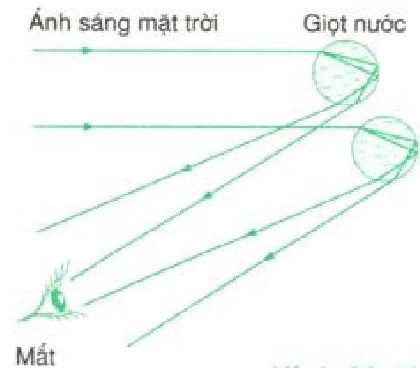
a) Vẽ đường truyền của tia sáng và tính góc chiết quang A.

b) Tìm điều kiện mà chiết suất n của lăng kính phải thoả mãn.

Em có biết ?

CẦU VỒNG

Trước và sau cơn mưa, hoặc bên cạnh thác nước, không khí chứa rất nhiều những giọt nước nhỏ hình cầu. Ánh sáng từ Mặt Trời khúc xạ vào bên trong mỗi giọt nước, phản xạ ở mặt cầu phân cách nước với không khí rồi khúc xạ trở ra (Hình 28.10).



Hình 28.10
Sự tạo thành cầu vồng

Qua hai lần khúc xạ vào và ra khỏi giọt nước, các chùm ánh sáng màu bị tách rời nhau. Đứng ở vị trí thích hợp, mắt ta nhận được các chùm sáng màu này theo một hình vòng cung. Đó là cầu vồng (Hình 28.11).

Do được tạo thành như trình bày ở trên mà cầu vồng luôn xuất hiện ở phía ngược với Mặt Trời và thành vòng cung, có hướng nhìn từ mắt tạo góc $41^o \div 42^o$ so với phương ánh sáng tới của Mặt Trời.



Hình 28.11 Cầu vồng

29 THẤU KÍNH MỎNG

Thấu kính là bộ phận cơ bản của hầu hết các dụng cụ quang quan trọng : máy ảnh, kính hiển vi, kính thiên văn,...

Để có được các tính năng tối ưu, người ta thường ghép nhiều thấu kính thành hệ thấu kính.

Trong bài học này, ta sẽ tìm hiểu về thấu kính mỏng, bổ sung cho những điều đã học ở lớp 9.

I - THẤU KÍNH. PHÂN LOẠI THẤU KÍNH

Thấu kính là một khối chất trong suốt (thuỷ tinh, nhựa...) giới hạn bởi hai mặt cong hoặc bởi một mặt cong và một mặt phẳng (Hình 29.1).

Ở phổ thông, ta chỉ xét thấu kính mỏng *mặt cầu* (một trong hai mặt có thể là mặt phẳng).

Theo hình dạng, thấu kính gồm hai loại :

- Thấu kính *lồi* (còn được gọi là thấu kính *rìa mỏng*) ;
- Thấu kính *lõm* (còn được gọi là thấu kính *rìa dày*).



Trong không khí :

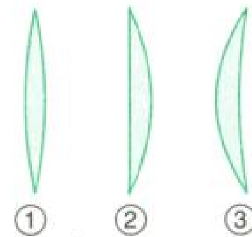
– Thấu kính lồi tạo ra chùm tia ló hội tụ khi chùm tia tới là chùm song song (Hình 29.2a).

– Thấu kính lõm tạo ra chùm tia ló phân kì khi chùm tia tới là chùm song song (Hình 29.2b).

Do đó, trong không khí :

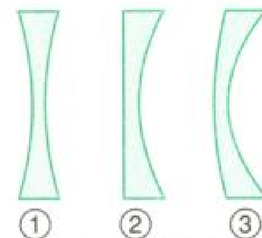
– Thấu kính lồi là *thấu kính hội tụ*.

– Thấu kính lõm là *thấu kính phân kì*.



① ② ③

a) Hình bổ dọc thấu kính lồi

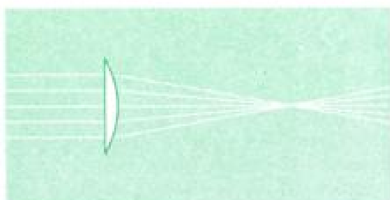


① ② ③

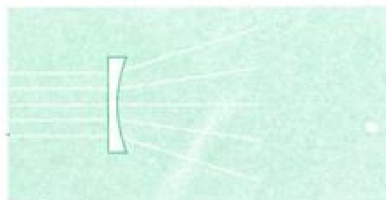
b) Hình bổ dọc thấu kính lõm

Hình 29.1

C1 Hãy gọi tên phân biệt ba loại thấu kính lồi và ba loại thấu kính lõm ở Hình 29.1.



a)



b)

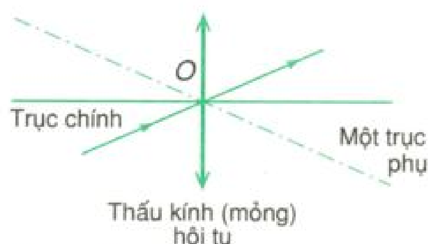
Hình 29.2

II - KHẢO SÁT THẤU KÍNH HỘI TỤ

1. Quang tâm. Tiêu điểm. Tiêu diện

a) *Quang tâm*

Thấu kính mỏng có bề dày chính giữa rất nhỏ so với bán kính mặt cầu.



Hình 29.3

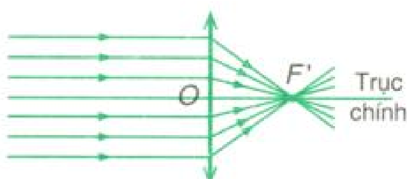
Đối với thấu kính mỏng, thực nghiệm và lí thuyết cho thấy có một điểm O của thấu kính mà mọi tia sáng tới O đều truyền thẳng qua thấu kính. Có thể coi O là điểm chính giữa thấu kính.

O gọi là *quang tâm* của thấu kính (Hình 29.3).

– Đường thẳng đi qua quang tâm O và vuông góc với mặt thấu kính là *trục chính* của thấu kính.

– Các đường thẳng khác qua quang tâm O là *trục phụ*.

Mọi tia tới qua quang tâm của thấu kính đều truyền thẳng.



Hình 29.4
Tiêu điểm ảnh chính của thấu kính hội tụ

b) *Tiêu điểm. Tiêu diện*

– Chiếu đến thấu kính hội tụ một chùm tia tới song song. Chùm tia ló cắt nhau (hội tụ) tại một điểm trên trục tương ứng với chùm tia tới. Điểm này là *tiêu điểm ảnh* của thấu kính.

Trên mỗi trục có một tiêu điểm ảnh :

+ *Tiêu điểm ảnh chính* được kí hiệu F' (Hình 29.4).

+ *Tiêu điểm ảnh phụ* được kí hiệu F'_n (n = 1, 2, 3...).

Các tiêu điểm ảnh của thấu kính hội tụ đều hứng được trên màn. Đó là *tiêu điểm ảnh thật*.

– Trên mỗi trục của thấu kính hội tụ còn có một điểm mà chùm tia tới xuất phát từ đó sẽ cho chùm tia ló song song. Đó là *tiêu điểm vật* của thấu kính. **C2**

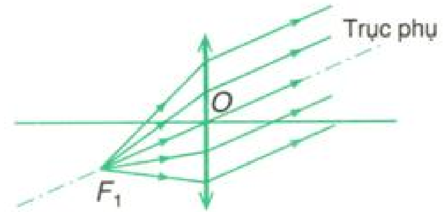
C2 Coi chùm tia song song như xuất phát hay hội tụ ở một điểm rất xa (vô cực), hãy nêu mối quan hệ giữa điểm này với :

– tiêu điểm ảnh ;

– tiêu điểm vật của thấu kính hội tụ.

+ *Tiêu điểm vật chính* được kí hiệu F.

+ *Tiêu điểm vật phụ* được kí hiệu F_n ($n = 1, 2, 3,...$) (Hình 29.5).

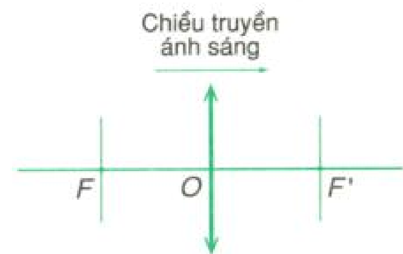


Hình 29.5
Tiêu điểm vật phụ

Tiêu điểm ảnh và tiêu điểm vật trên một trục nằm *đối xứng* với nhau qua quang tâm. Vị trí của chúng tuỳ thuộc chiều truyền ánh sáng.

– Tập hợp tất cả các tiêu điểm tạo thành *tiêu diện*. Mỗi thấu kính có hai tiêu diện : *tiêu diện ảnh* và *tiêu diện vật*.

Có thể coi tiêu diện là mặt phẳng vuông góc với trục chính và qua tiêu điểm chính (Hình 29.6).



Hình 29.6
Hai tiêu diện thật (vật và ảnh) của thấu kính hội tụ

2. Tiêu cự. Độ tụ

Để thiết lập các công thức về thấu kính, người ta đặt ra hai đại lượng quang học là *tiêu cự* và *độ tụ*.

Tiêu cự của thấu kính được định nghĩa như sau :

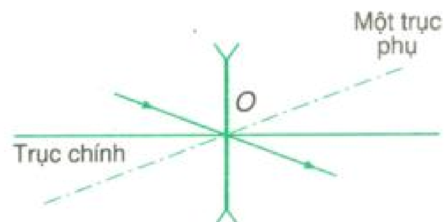
$$f = \overline{OF'}$$

Ta quy ước $f > 0$ đối với thấu kính hội tụ, ứng với tiêu điểm ảnh F' thật (sau thấu kính).

Thấu kính có khả năng hội tụ chùm tia sáng càng mạnh khi f càng nhỏ. Do đó, người ta định nghĩa *độ tụ* của thấu kính như sau :

$$D = \frac{1}{f} \quad (29.1)$$

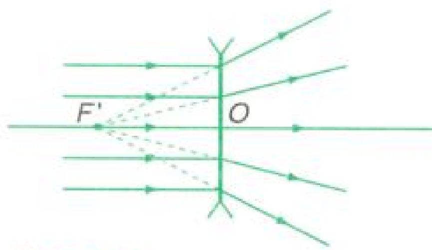
trong đó : f tính bằng mét (m) ; D tính bằng điôp (dp).



Hình 29.7
Thấu kính (mỏng) phân kì

III - KHẢO SÁT THẤU KÍNH PHÂN KÌ

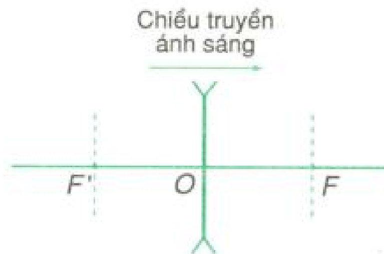
Quang tâm của thấu kính phân kì có cùng tính chất như quang tâm của thấu kính hội tụ (Hình 29.7).



Hình 29.8
Tiêu điểm ảnh chính của thấu kính phân kì

C3 Vẽ đường truyền của chùm tia sáng minh hoạ tính chất của tiêu điểm vật của thấu kính phân kì.

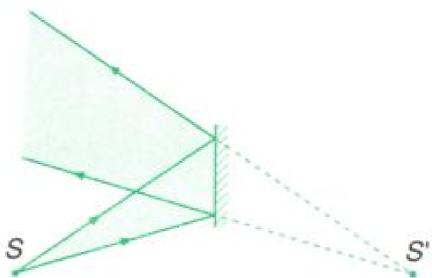
Các tiêu điểm cũng như tiêu diện (ảnh và vật) của thấu kính phân kì cũng được xác định tương tự như với thấu kính hội tụ (Hình 29.8 và 29.9). Điểm khác biệt là chúng đều ảo, được tạo bởi đường kéo dài của các tia sáng. **C3**



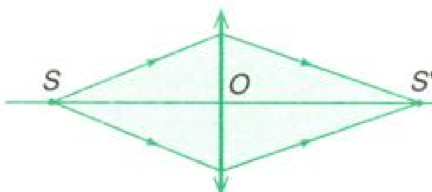
Hình 29.9
Hai tiêu diện ảo (ảnh và vật) của thấu kính phân kì

Các công thức định nghĩa tiêu cự và độ tụ vẫn áp dụng được đối với thấu kính phân kì.

Tiêu cự và độ tụ của thấu kính phân kì có giá trị âm (ứng với tiêu điểm ảnh F' ảo).



Hình 29.10
Ảnh ảo tạo bởi gương phẳng (chùm tia ló phân kì)



Hình 29.11
Ảnh thật tạo bởi thấu kính hội tụ (chùm tia ló hội tụ)

IV - SỰ TẠO ẢNH BỞI THẤU KÍNH

1. Khái niệm ảnh và vật trong Quang học

Ở lớp 7 và lớp 9, chúng ta đã quan sát và dựng ảnh của vật tạo bởi gương phẳng, gương cầu, thấu kính. Chúng ta đã nhận thấy :

– Ảnh ảo chỉ có thể quan sát bằng mắt đặt ở vị trí thu nhận được chùm tia phản xạ hoặc khúc xạ (Hình 29.10).

– Ảnh thật có thể hứng được trên màn ảnh (Hình 29.11).

a) Để tổng quát hoá khái niệm ảnh, ta quy ước gọi chùm tia sáng truyền ra khỏi bề mặt sau cùng của hệ quang học là chùm tia ló.

Có thể định nghĩa tổng quát như sau về ảnh trong Quang học :

– Ảnh điểm là điểm đồng quy của chùm tia ló hay đường kéo dài của chúng.

– Một ảnh điểm là :

+ thật nếu chùm tia ló là chùm hội tụ ;

+ ảo nếu chùm tia ló là chùm phân kì.

b) Tương tự, ta cũng có thể tổng quát hoá khái niệm vật. Thông thường, vật phát ra chùm tia tới. Đó là vật thật.

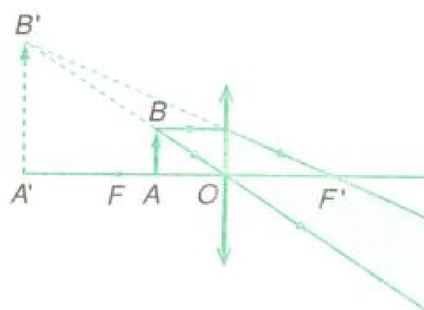
Một cách tổng quát :

– Vật điểm là điểm đồng quy của chùm tia tới hay đường kéo dài của chúng.

– Một vật điểm là :

+ thật nếu chùm tia tới là chùm phân kì ;

+ ảo nếu chùm tia tới là chùm hội tụ.



Hình 29.12
Ảnh ảo tạo bởi thấu kính hội tụ

2. Cách dựng ảnh tạo bởi thấu kính

a) Thuật ngữ dựng ảnh (vẽ ảnh) có nghĩa là vẽ đường truyền của một chùm tia sáng biểu diễn sự tạo ảnh của một vật điểm (điểm B ở Hình 29.12). **C4**

C4 Khi tạo ảnh ảo, thấu kính hội tụ cho chùm tia ló phân kì. Kết quả này có mâu thuẫn với tính chất của thấu kính không ? Giải thích.

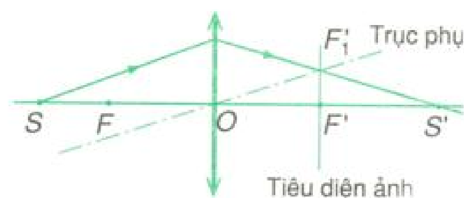
Ta thường vẽ các tia tới sau đây :

– Tia tới qua quang tâm O của thấu kính.

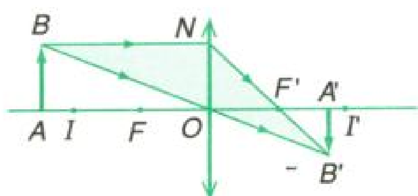
– Tia tới song song với trục chính của thấu kính.

– Tia tới qua tiêu điểm vật chính F (hay có đường kéo dài qua F).

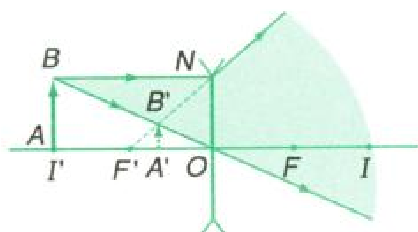
b) Trong trường hợp phải vẽ một tia bất kì thì ta xác định trục phụ song song với tia tới. Tia ló tương ứng (hay đường kéo dài của nó) sẽ qua tiêu điểm ảnh phụ trên trục phụ đó (Hình 29.13).



Hình 29.13



Hình 29.14



Hình 29.15

Để có ảnh rõ (đồng dạng với vật), vật phải có dạng phẳng, nhỏ, đặt vuông góc với trục chính và được biểu diễn tượng trưng bởi một mũi tên AB liền nét (vật thật).

Trong điều kiện đó, ảnh $A'B'$ của vật cũng vuông góc với trục chính. Ảnh được biểu diễn bằng mũi tên liền nét nếu là ảnh thật và mũi tên đứt nét nếu là ảnh ảo (Hình 29.14 và 29.15).

3. Các trường hợp ảnh tạo bởi thấu kính

Ảnh của một vật tạo bởi mỗi loại thấu kính có những đặc điểm xác định về tính chất (thật, ảo), chiều và độ lớn.

Bằng cách thay đổi vị trí của vật, ta có thể dựng ảnh tương ứng và nhận ra các đặc điểm này.

BẢNG TÓM TẮT

(chỉ xét vật thật)

Thấu kính / Ảnh	Hội tụ ($f > 0$)	Phân kì ($f < 0$)
	I F O F' I' ($OI = OI' = 2f$)	F' O F
Tính chất (thật, ảo)	• Ảnh – Thật : vật ngoài OF – Ảo : vật trong OF	• Ảnh luôn luôn ảo
Độ lớn (so với vật)	• Ảnh ảo > vật • Ảnh thật : > vật : vật trong FI = vật : vật ở I (ảnh ở I') < vật : vật ngoài FI	• Ảnh < vật
Chiều (so với vật)	• Vật và ảnh – cùng chiều ↔ trái tính chất – cùng tính chất ↔ trái chiều	• Ảnh cùng chiều so với vật

V - CÁC CÔNG THỨC VỀ THẤU KÍNH

Các công thức ảnh được thiết lập để xác định vị trí, tính chất (thật, ảo), chiều và độ lớn của ảnh tạo bởi thấu kính.

Xét hai trường hợp của ảnh như vẽ ở các hình 29.14 và 29.15.

a) Để thiết lập các công thức tổng quát áp dụng cho mọi trường hợp, người ta đặt các giá trị đại số cho khoảng cách như sau :

$\overline{OA} = d$ với quy ước $\begin{cases} \text{vật thật} : d > 0 \\ \text{vật ảo} : d < 0 \end{cases}$ (không xét)

$\overline{OA'} = d'$ với quy ước $\begin{cases} \text{ảnh thật} : d' > 0 \\ \text{ảnh ảo} : d' < 0 \end{cases}$

b) Ngoài ra, chiều và độ lớn của ảnh được xác định bởi tỉ số :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = k$$

k được gọi là *số phóng đại ảnh*.

– Nếu $k > 0$: vật và ảnh cùng chiều.

– Nếu $k < 0$: vật và ảnh ngược chiều.

Lập các tỉ số theo tính đồng dạng của các tam giác (OAB và $OA'B'$) cũng như các tam giác ($F'ON$ và $F'A'B'$), đồng thời xem xét tất cả các trường hợp của ảnh, ta có hai kết quả :

1. Công thức xác định vị trí ảnh

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \quad (29.2)$$

C5

C5 Dùng công thức xác định vị trí ảnh, hãy chứng tỏ rằng, nếu giữ thấu kính cố định và dời vật dọc theo trục chính thì ảnh và vật luôn di chuyển cùng chiều.

Bài tập ví dụ

Vật và màn đặt cách nhau đoạn a. Xê dịch một thấu kính hội tụ giữa vật và màn để hứng ảnh của vật hiện trên màn.

Khoảng cách a phải thoả mãn điều kiện nào ?

Giải

Đặt : $d + d' = a$

Ta có thể viết :

$a = d + d' \geq 2\sqrt{dd'}$. Suy ra :

$$\frac{d + d'}{\sqrt{d + d'}} \geq 2\sqrt{\frac{dd'}{d + d'}}$$

Do đó : $\sqrt{d + d'} \geq 2\sqrt{f}$

Vậy : $a \geq 4f$

Khoảng cách giữa vật và màn phải lớn hơn hay bằng bốn lần tiêu cự của thấu kính.

2. Công thức xác định số phóng đại ảnh

$$k = -\frac{d'}{d} \quad (29.3)$$



Hình 29.16
Thấu kính dùng làm vật kính của máy ghi hình (camera)

VI - CÔNG DỤNG CỦA THẤU KÍNH

Thấu kính có nhiều công dụng hữu ích trong đời sống và trong khoa học.

Thấu kính được dùng làm :

– Kính khắc phục tật của mắt (cận, viễn, lão) ;
– Kính lúp ;
– Máy ảnh, máy ghi hình (camera) (Hình 29.16) ;
– Kính hiển vi ;
– Kính thiên văn, ống nhòm ;
– Đèn chiếu ;
– Máy quang phổ.

Với vật liệu làm thấu kính ngày càng hoàn thiện, với công nghệ chế tạo tinh vi, người ta đã chế tạo được các dụng cụ quang cho ảnh có chất lượng rất cao.

- Mọi tia sáng qua quang tâm của thấu kính đều truyền thẳng.
- Tia tới song song với trục của thấu kính sẽ cho tia ló truyền qua (hay có đường kéo dài của tia ló qua) tiêu điểm ảnh trên trục đó.
- Tia tới (hay đường kéo dài của nó) qua tiêu điểm vật trên trục sẽ cho tia ló song song với trục đó. Hai tiêu điểm vật và ảnh nằm đối xứng với nhau qua quang tâm.
- Mỗi thấu kính có hai tiêu diện ảnh và vật là hai mặt phẳng vuông góc với trục chính và đi qua các tiêu điểm chính.
- Tiêu cự: $f = \overline{OF'}$ – Thấu kính hội tụ $\Leftrightarrow f > 0$. – Thấu kính phân kì $\Leftrightarrow f < 0$.
- Độ tụ: $D = \frac{1}{f}$
- Công thức về thấu kính: – Vị trí ảnh: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$
  – Số phóng đại ảnh: $k = -\frac{d'}{d}$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Thấu kính là gì ? Kể các loại thấu kính.

2. Nêu tính chất quang học của quang tâm, tiêu điểm ảnh, tiêu điểm vật. Minh hoạ bằng đường truyền của tia sáng cho mỗi trường hợp.

3. Tiêu cự, độ tụ của thấu kính là gì ? Đơn vị của tiêu cự và độ tụ ?



4. Chọn phát biểu đúng với vật thật đặt trước thấu kính.

   A. Thấu kính hội tụ luôn tạo chùm tia ló hội tụ.

   B. Thấu kính phân kì luôn tạo chùm tia ló phân kì.

   C. Ảnh của vật tạo bởi thấu kính không thể bằng vật.

   D. Cả ba phát biểu A, B, C đều sai.

5. Một vật sáng đặt trước một thấu kính, trên trục chính. Ảnh của vật tạo bởi thấu kính bằng ba lần vật.

   Dời vật lại gần thấu kính một đoạn. Ảnh của vật ở vị trí mới vẫn bằng ba lần vật.

   Có thể kết luận gì về loại thấu kính ?

   A. Thấu kính là hội tụ.

   B. Thấu kính là phân kì.

   C. Hai loại thấu kính đều phù hợp.

   D. Không thể kết luận được, vì giả thiết hai ảnh bằng nhau là vô lí.

6. Tiếp theo bài tập 5.

   Cho biết đoạn dời vật là 12 cm.

   Tiêu cự của thấu kính là bao nhiêu ?

   A. – 8 cm. B. 18 cm.

   C. – 20 cm. D. Một giá trị khác A, B, C.

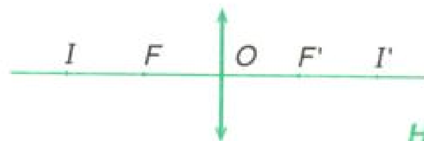
7. Xét thấu kính hội tụ. Lấy trên trục chính các điểm I và I' sao cho $OI = 2OF$, $OI' = 2OF'$ (Hình 29.17). Vẽ ảnh của vật AB và nhận xét về đặc điểm của ảnh trong mỗi trường hợp sau :

   – Vật thật ở ngoài đoạn OI.

   – Vật thật tại I.

   – Vật thật trong đoạn FI.

   – Vật thật trong đoạn OF.



Hình 29.17

8. Người ta dùng một thấu kính hội tụ có độ tụ 1 dp để thu ảnh của Mặt Trăng.

   a) Vẽ ảnh.

   b) Tính đường kính của ảnh. Cho góc trông Mặt Trăng là 33'. Lấy $1' \approx 3.10^{-4}$ rad.

9. Vật sáng AB được đặt song song với màn và cách màn một khoảng cố định a. Một thấu kính hội tụ có trục chính qua điểm A và vuông góc với màn, được di chuyển giữa vật và màn.

a) Người ta nhận thấy có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét của vật trên màn, ảnh lớn hơn vật. Hãy chứng tỏ rằng, còn một vị trí thứ hai của thấu kính ở trong khoảng giữa vật và màn cũng cho ảnh rõ nét của vật trên màn.

b) Đặt l là khoảng cách giữa hai vị trí trên của thấu kính. Hãy lập công thức của tiêu cự thấu kính f theo a và l. Suy ra một phương pháp đo tiêu cự của thấu kính hội tụ.

10. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 20$ cm. Vật sáng AB được đặt trước thấu kính và có ảnh $A'B'$. Tìm vị trí của vật, cho biết khoảng cách vật – ảnh là :

a) 125 cm. b) 45 cm.

11. Một thấu kính phân kì có độ tụ –5 dp.

a) Tính tiêu cự của kính.

b) Nếu vật đặt cách kính 30 cm thì ảnh hiện ra ở đâu và có số phóng đại bao nhiêu ?

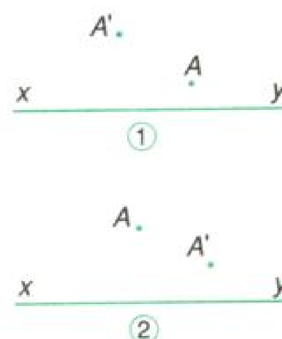
12. Trong Hình 29.18, xy là trục chính của thấu kính L, A là vật điểm thật, A' là ảnh của A tạo bởi thấu kính.

Với mỗi trường hợp, hãy xác định :

a) A' là ảnh thật hay ảo.

b) Loại thấu kính.

c) Các tiêu điểm chính (bằng phép vẽ).



Hình 29.18

30 GIẢI BÀI TOÁN VỀ HỆ THẤU KÍNH

Các dụng cụ quang đều có cấu tạo phức tạp và gồm nhiều bộ phận như thấu kính, gương,... ghép với nhau tạo thành một hệ quang học.

Nói chung, việc giải bài toán hệ quang học bao gồm hai bước :

– Phân tích quá trình tạo ảnh và biểu thị bằng một sơ đồ.

– Áp dụng các công thức liên quan cho mỗi khâu của sơ đồ để giải bài toán.

Trong bài này, ta sẽ xét các ví dụ về hệ hai thấu kính.

I - LẬP SƠ ĐỒ TẠO ẢNH

1. Hệ hai thấu kính đồng trục ghép cách nhau

Xét hệ quang học đồng trục gồm hai thấu kính L_1 và L_2. Giả sử vật thật AB được đặt trên trục của hệ và ở trước L_1. Vật AB có ảnh $A_1'B_1'$ tạo bởi L_1. Ảnh này do chùm tia ló ra khỏi L_1 tạo nên.

Các tia sáng truyền đến L_2 có thể coi là do $A_1'B_1'$ mà có. Bởi vậy $A_1'B_1'$ là *vật* đối với L_2.

– Nếu $A_1'B_1'$ ở trước L_2, đó là vật thật.

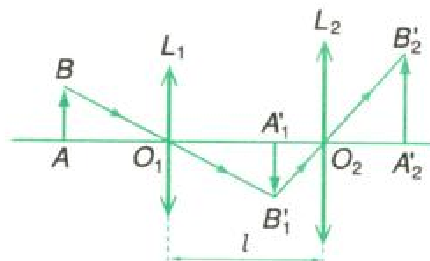
– Nếu $A_1'B_1'$ ở sau L_2, đó là vật ảo (không xét).

Thấu kính L_2 tạo ảnh $A_2'B_2'$ của vật $A_1'B_1'$.

Ảnh $A_2'B_2'$ tạo bởi L_2 là *ảnh sau cùng* (Hình 30.1).

Toàn bộ quá trình tạo ảnh được tóm tắt bởi sơ đồ :

$$AB \xrightarrow[d_1\,;\,d_1']{L_1} A_1'B_1' \xrightarrow[d_2\,;\,d_2']{L_2} A_2'B_2'$$

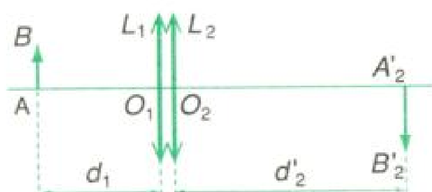


Hình 30.1
Hệ hai thấu kính hội tụ đồng trục ghép cách nhau

2. Hệ hai thấu kính đồng trục ghép sát nhau

Với hệ này, phương pháp dùng *thấu kính tương đương* giúp ta giải bài toán rất tiện lợi.

Xét trường hợp hai thấu kính có các tiêu cự f_1, f_2 được ghép sát nhau (ví dụ như trên Hình 30.2).



Hình 30.2
Hệ hai thấu kính hội tụ đồng trục ghép sát nhau

Ta có sơ đồ tạo ảnh :

$$AB \xrightarrow[d_1 ; d'_1]{L_1} A'_1B'_1 \xrightarrow[d_2 ; d'_2]{L_2} A'_2B'_2$$

a) Áp dụng công thức về thấu kính, ta được :

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} = \frac{1}{f_1} \quad \text{và} \quad \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f_2}$$

Ta luôn có $d_2 = -d'_1$ nên :

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} = \frac{1}{f_1} \; ; \; -\frac{1}{d'_1} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f_2}$$

Suy ra : $$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (1)$$

C1

C1 Chứng tỏ rằng, với hệ hai thấu kính đồng trục ghép sát nhau ta luôn có :

$$d_2 = -d'_1$$

b) Thấu kính tương đương với hệ có tiêu cự f, nghiệm sơ đồ tạo ảnh :

$$AB \xrightarrow[d_1 ; d'_2]{L} A'_2B'_2$$

Ta có : $$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \text{ hay } D = D_1 + D_2 \quad (30.1)$$

Đây là công thức tính độ tụ của hệ hai thấu kính mỏng đồng trục ghép sát nhau.

Độ tụ của hệ hai thấu kính mỏng đồng trục ghép sát nhau bằng tổng đại số các độ tụ của từng thấu kính ghép thành hệ.

Đặc điểm ảnh của vật AB tạo bởi hệ hai thấu kính ghép là đặc điểm ảnh của vật AB tạo bởi thấu kính tương đương.

II - THỰC HIỆN TÍNH TOÁN

Nội dung khảo sát một hệ quang học rất đa dạng. Nhưng nhìn chung, có hai yêu cầu chính :

– Xác định các đặc điểm của ảnh sau cùng.

– Xác định các đặc điểm cấu tạo của hệ.

Trong quá trình thực hiện các tính toán, có hai kết quả cần lưu ý :

1. Quan hệ giữa hai vai trò ảnh và vật của $A_1'B_1'$

Ảnh $A_1'B_1'$ có các đặc điểm xác định bởi d_1'. Nhưng khi nó đóng vai trò vật với L_2 thì các đặc điểm của nó được xác định bởi d_2.

Trong mọi trường hợp, ta luôn có :

$$\boldsymbol{d_2 = l - d_1'} \quad \text{hay} \quad \boldsymbol{d_1' + d_2 = l} \qquad (30.2)$$

(l là *khoảng cách* giữa hai thấu kính). C2

C2 Hãy xét các trường hợp khác nhau và thiết lập hệ thức :

$$d_2 = l - d_1'$$

Xét trường hợp $l = 0$.

2. Số phóng đại ảnh sau cùng

Số phóng đại này được xác định bởi :

$$k = \frac{\overline{A_2'B_2'}}{\overline{AB}}$$

Có thể viết $k = \dfrac{\overline{A_2'B_2'}}{\overline{A_1'B_1'}} \cdot \dfrac{\overline{A_1'B_1'}}{\overline{AB}} = k_2k_1$

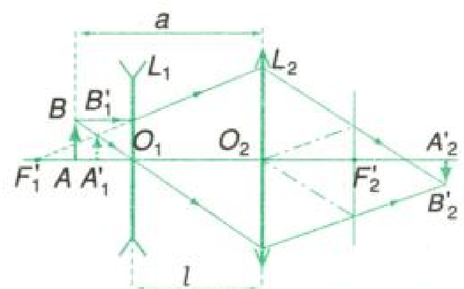
Vậy :

$$\boldsymbol{k = k_2k_1} \qquad (30.3)$$

III - CÁC BÀI TẬP VÍ DỤ

Bài tập 1

Cho thấu kính hội tụ L_2 có tiêu cự $f_2 = 24$ cm và vật AB đặt trên trục chính cách thấu kính một đoạn không đổi $a = 44$ cm. Thấu kính phân kì L_1 có tiêu cự $f_1 = -15$ cm được đặt giữa vật AB và L_2, cách L_2 khoảng l sao cho hai trục chính trùng nhau (Hình 30.3).



Hình 30.3

Xác định vị trí và số phóng đại k của ảnh sau cùng $A'_2B'_2$ trong trường hợp $l = 34$ cm.

Giải

Sơ đồ tạo ảnh : $AB \xrightarrow[d_1;\, d'_1]{L_1} A'_1B'_1 \xrightarrow[d_2;\, d'_2]{L_2} A'_2B'_2$

Ta có : $d_1 = 10 \text{ cm} \Rightarrow d'_1 = -6 \text{ cm}$

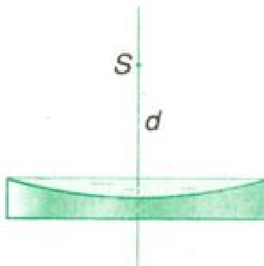
$d_2 = l - d'_1 = 40 \text{ cm} \Rightarrow d'_2 = 60 \text{ cm}$

Ảnh $A'_2B'_2$ thật, cách L_2 60 cm.

Ta cũng có : $k = k_2k_1 = \left(-\dfrac{d'_2}{d_2}\right)\left(-\dfrac{d'_1}{d_1}\right) = -\dfrac{9}{10}$

Ảnh ngược chiều vật và bằng $\dfrac{9}{10}$ vật.

Bài tập 2



Hình 30.4

Một thấu kính mỏng phẳng – lõm bằng thuỷ tinh, có tiêu cự $f_1 = -20$ cm. Thấu kính được đặt sao cho trục chính thẳng đứng, mặt lõm hướng lên trên.

Một điểm sáng S nằm trên trục chính và cách thấu kính một đoạn d (Hình 30.4).

a) Ảnh S' của S tạo bởi thấu kính cách thấu kính 12 cm. Tính d.

b) Giữ S và thấu kính cố định. Đổ một chất lỏng trong suốt vào mặt lõm. Bây giờ ảnh S' của S là ảnh ảo và cách thấu kính 20 cm. Tính tiêu cự f_2 của thấu kính chất lỏng phẳng – lồi.

Giải

a) *Tính d*

S có ảnh ảo tạo bởi thấu kính phân kì : $d'_1 = -12$ cm.

Do đó : $\dfrac{1}{d} = \dfrac{1}{f_1} - \dfrac{1}{d'_1} = -\dfrac{1}{20} + \dfrac{1}{12} = \dfrac{1}{30}$

Suy ra : $d = 30$ cm.

b) *Tiêu cự f_2*

Hệ gồm thấu kính chất lỏng và thấu kính thuỷ tinh ghép đồng trục, sát nhau. Thấu kính tương đương có tiêu cự f.

Ta có : $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{f_1} + \dfrac{1}{f_2}$

Đối với thấu kính tương đương : $d' = -20$ cm.

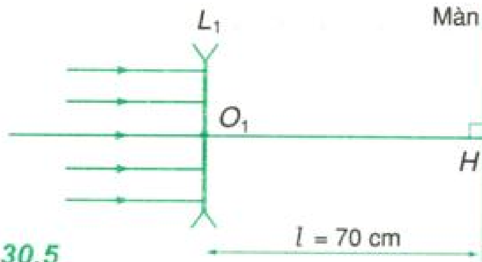
Vậy : $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d} + \dfrac{1}{d'} = \dfrac{1}{30} - \dfrac{1}{20} = -\dfrac{1}{60}$

Suy ra : $\dfrac{1}{f_2} = \dfrac{1}{f} - \dfrac{1}{f_1} = -\dfrac{1}{60} + \dfrac{1}{20} = \dfrac{1}{30}$

$f_2 = 30$ cm.

BÀI TẬP

1. Một học sinh bố trí thí nghiệm theo sơ đồ Hình 30.5.



Hình 30.5

Thấu kính phân kì L_1 có tiêu cự $f_1 = -10$ cm. Khoảng cách từ ảnh S'_1 tạo bởi L_1 đến màn có giá trị nào ?

A. 60 cm. B. 80 cm.

C. Một giá trị khác A, B.

D. Không xác định được, vì không có vật nên L_1 không tạo được ảnh.

2. Tiếp theo các giả thiết cho ở bài tập 1.

Đặt giữa L_1 và H một thấu kính hội tụ L_2. Khi xê dịch L_2, học sinh này nhận thấy chỉ có một vị trí duy nhất của L_2 tạo được điểm sáng tại H.

Tiêu cự của L_2 là bao nhiêu ?

A. 10 cm. B. 15 cm.

C. 20 cm. D. Một giá trị khác A, B, C.

3. Hai thấu kính, một hội tụ (f_1 = 20 cm), một phân kì (f_2 = –10 cm), có cùng trục chính. Khoảng cách hai quang tâm là l = 30 cm. Vật AB vuông góc với trục chính được đặt bên trái L_1 và cách L_1 một đoạn d_1.

a) Cho d_1 = 20 cm, hãy xác định vị trí và tính số phóng đại ảnh cuối cùng cho bởi hệ hai thấu kính. Vẽ ảnh.

b) Tính d_1 để ảnh sau cùng là ảnh ảo và bằng hai lần vật.

4. Một hệ gồm hai thấu kính L_1 và L_2 đồng trục có tiêu điểm ảnh chính của L_1 trùng với tiêu điểm vật chính của L_2. Chiếu một chùm tia sáng song song tới L_1 theo phương bất kì.

a) Chứng minh chùm tia ló ra khỏi L_2 cũng là chùm tia song song.

b) Vẽ đường đi của chùm tia sáng ứng với các trường hợp :

- L_1 và L_2 đều là thấu kính hội tụ.
- L_1 là thấu kính hội tụ ; L_2 là thấu kính phân kì.
- L_1 là thấu kính phân kì ; L_2 là thấu kính hội tụ.

5. Một thấu kính mỏng phẳng – lồi L_1 có tiêu cự f_1 = 60 cm được ghép sát đồng trục với một thấu kính mỏng phẳng – lồi khác L_2 có tiêu cự f_2 = 30 cm. Mặt phẳng của hai thấu kính sát nhau.

Thấu kính L_1 có đường kính rìa gấp đôi đường kính rìa của thấu kính L_2. Một điểm sáng S nằm trên trục chính của hệ, trước L_1.

a) Chứng tỏ có hai ảnh của S được tạo bởi hệ.

b) Tìm điều kiện về vị trí của S để hai ảnh đều thật và hai ảnh đều ảo.

31 MẮT

Mắt là bộ phận thu nhận ánh sáng giúp người nhìn thấy mọi vật xung quanh. Mắt là hệ quang học hết sức phức tạp và tinh vi.

Trong bài học này, ta sẽ tìm hiểu mắt người về phương diện quang học.

I - CẤU TẠO QUANG HỌC CỦA MẮT



Hình 31.1 Mắt người

Mắt là một hệ gồm nhiều môi trường trong suốt tiếp giáp nhau bằng các mặt cầu. Chiết suất của các môi trường này có giá trị ở trong khoảng 1,336 ÷ 1,437.

Từ ngoài vào trong, mắt có các bộ phận sau (Hình 31.2) :

a) *Màng giác* (giác mạc) : Lớp màng cứng trong suốt có tác dụng bảo vệ cho các phần tử phía trong và làm khúc xạ các tia sáng truyền vào mắt.

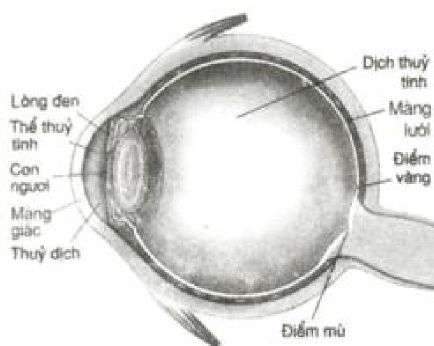
b) *Thuỷ dịch :* chất lỏng trong suốt có chiết suất xấp xỉ bằng chiết suất của nước.

c) *Lòng đen :* màn chắn, ở giữa có lỗ trống để điều chỉnh chùm sáng đi vào trong mắt. Lỗ trống này gọi là *con ngươi*. Con ngươi có đường kính thay đổi *tự động* tuỳ theo cường độ sáng.

d) *Thể thuỷ tinh :* khối chất đặc trong suốt (giống như thạch) có hình dạng thấu kính hai mặt lồi.

e) *Dịch thuỷ tinh :* chất lỏng giống chất keo loãng, lấp đầy nhãn cầu phía sau thể thuỷ tinh.

f) *Màng lưới* (võng mạc) : lớp mỏng tại đó tập trung đầu các sợi thần kinh thị giác.



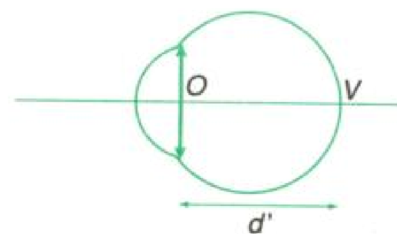
Hình 31.2
Cấu tạo của mắt

Ở màng lưới có một chỗ rất nhỏ màu vàng là nơi cảm nhận ánh sáng nhạy nhất được gọi là *điểm vàng V*.

– Khi mắt nhìn một vật, ảnh thật của vật được tạo ra ở màng lưới. Năng lượng ánh sáng thu nhận ở đây được chuyển thành tín hiệu thần kinh và truyền tới não, gây ra cảm nhận hình ảnh. Do đó mắt nhìn thấy vật.

– Ở màng lưới có một vị trí tại đó, các sợi thần kinh đi vào nhãn cầu. Tại vị trí này, màng lưới không nhạy cảm với ánh sáng. Đó là *điểm mù*.

Trong Quang học, mắt được biểu diễn bởi sơ đồ tượng trưng như Hình 31.3 gọi là *mắt thu gọn*, trong đó hệ quang học phức tạp của mắt được coi tương đương với một thấu kính hội tụ. Thấu kính tương đương này được gọi là *thấu kính mắt*. Tiêu cự của thấu kính mắt thường được gọi tắt là *tiêu cự của mắt*.



Hình 31.3
Sơ đồ mắt thu gọn

Tổng quát, mắt hoạt động như một máy ảnh, trong đó :

- Thấu kính mắt có vai trò như vật kính ;
- Màng lưới có vai trò như phim.

II - SỰ ĐIỀU TIẾT CỦA MẮT. ĐIỂM CỰC VIỄN. ĐIỂM CỰC CẬN

Khoảng cách từ thấu kính mắt đến màng lưới (điểm vàng) OV có giá trị nhất định d'. Nếu tiêu cự của thấu kính mắt cũng có giá trị nhất định f thì mắt chỉ nhìn thấy vật ở một vị trí nhất định.

Tuy nhiên, ta có thể quan sát được những vật từ rất xa (chẳng hạn một ngôi sao) cho đến những vật rất gần (chẳng hạn một trang sách). Ở lớp 9, chúng ta đã biết điều này được thực hiện bởi sự điều tiết của mắt.

1. Sự điều tiết

Điều tiết là hoạt động của mắt làm thay đổi tiêu cự của mắt để cho ảnh của các vật ở cách mắt những khoảng khác nhau vẫn được tạo ra ở màng lưới.

Bài tập ví dụ 1

Một người có mắt bình thường (không tật) nhìn thấy được các vật ở rất xa mà không phải điều tiết. Khoảng cực cận của người này là $OC_c = 25$ cm.

Độ tụ của mắt người này khi điều tiết tối đa tăng thêm bao nhiêu ?

Giải

Ta có các phương trình tạo ảnh :

$$\frac{1}{OC_v} + \frac{1}{OV} = \frac{1}{f_{max}} = D_{min} \quad (1)$$

$$\frac{1}{OC_c} + \frac{1}{OV} = \frac{1}{f_{min}} = D_{max} \quad (2)$$

Lấy (2) trừ (1), ta được :

$$D_{max} - D_{min} = \Delta D = \frac{1}{OC_c} - \frac{1}{OC_v}$$

Vì $OC_v \to \infty$ nên $\frac{1}{OC_v} = 0$.

Vậy : $\Delta D = \frac{1}{OC_c} = \frac{1}{0,25} = 4$ dp.

Việc này được thực hiện nhờ các cơ vòng của mắt. Khi bóp lại, các cơ này làm thể thuỷ tinh phồng lên, giảm bán kính cong, do đó tiêu cự của mắt giảm.

- Khi mắt ở trạng thái *không điều tiết*, tiêu cự của mắt lớn nhất (f_{max}).
- Khi các cơ mắt bóp tối đa, mắt ở trạng thái *điều tiết tối đa* và tiêu cự của mắt nhỏ nhất (f_{min}).

2. Điểm cực viễn. Điểm cực cận

- Khi mắt không điều tiết, điểm trên trục của mắt mà ảnh được tạo ra ngay tại màng lưới gọi là *điểm cực viễn* C_v (hay *viễn điểm*) của mắt. Đó cũng là điểm xa nhất mà mắt có thể nhìn rõ. Đối với mắt không có tật, điểm cực viễn ở xa vô cùng (vô cực).
- Khi mắt điều tiết tối đa, điểm trên trục của mắt mà ảnh còn được tạo ra ở ngay tại màng lưới gọi là *điểm cực cận* C_c (hay *cận điểm*) của mắt. Đó cũng là điểm gần nhất mà mắt còn nhìn rõ. Càng lớn tuổi, điểm cực cận càng lùi ra xa mắt (xem Bảng 31.1).
- Khoảng cách giữa điểm cực viễn và điểm cực cận gọi là *khoảng nhìn rõ* của mắt. Các khoảng cách OC_v và $Đ = OC_c$ từ mắt tới các điểm cực viễn và cực cận cũng thường được gọi tương ứng là *khoảng cực viễn, khoảng cực cận.*

Bảng 31.1

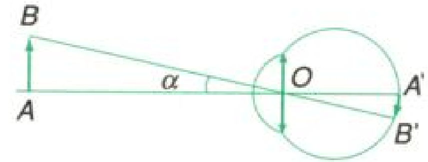
Tuổi	Khoảng cách OC_c từ mắt tới điểm cực cận
10	7 cm
20	10 cm
30	14 cm
40	22 cm
50	40 cm

III - NĂNG SUẤT PHÂN LI CỦA MẮT

Muốn cho mắt nhìn thấy một vật thì ảnh thật của vật tạo bởi mắt phải hiện ra ở màng lưới, nghĩa là vật phải có vị trí ở trong khoảng nhìn rõ của mắt. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp còn có nhu cầu là quan sát được các chi tiết nhỏ của vật, chẳng hạn đọc được chữ của một trang sách báo hoặc nhận ra người quen trong một tấm ảnh nhỏ chụp nhiều người,...

8-VL11C-B

Việc nhìn thấy được một vật nhỏ, AB chẳng hạn, còn tuỳ thuộc vào kích thước ảnh $A'B'$ của vật đó trên màng lưới. Kích thước này phụ thuộc *góc trông* vật (Hình 31.4). **C1**



Hình 31.4
Góc trông vật

C1 Góc trông một vật là gì và phụ thuộc vào các yếu tố nào ?

Để mắt có thể phân biệt được hai điểm A và B thì góc trông vật không thể nhỏ hơn một giá trị tối thiểu gọi là *năng suất phân li* ε của mắt.

Khi đó, ảnh của điểm đầu và điểm cuối của vật được tạo ra ở hai tế bào thần kinh thị giác kế cận nhau. Năng suất phân li thay đổi tuỳ theo từng người, nhưng giá trị trung bình là :

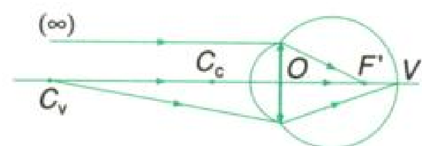
$$\varepsilon = \alpha_{\min} \approx 1'$$

IV - CÁC TẬT CỦA MẮT VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

Ta chỉ xét các tật phổ biến nhất là : *mắt cận, mắt viễn* và *mắt lão.*

1. Mắt cận và cách khắc phục

a) Mắt cận có độ tụ lớn hơn độ tụ của mắt bình thường. Một chùm tia sáng song song truyền đến mắt cận sẽ cho chùm tia ló hội tụ tại một điểm ở trước màng lưới (Hình 31.5).



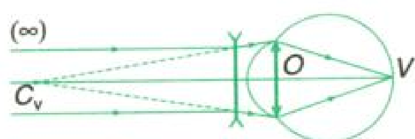
Hình 31.5
Sơ đồ minh hoạ đặc điểm quang học của mắt cận

$$f_{\max} < OV$$

Các hệ quả :

- Khoảng cách OC_v hữu hạn.
- Điểm C_c gần mắt hơn bình thường.

Tật cận thị có thể do bẩm sinh, nhưng cũng có thể do đọc sách hay học bài ở chỗ không đủ độ sáng hoặc đặt sách quá gần mắt một thời gian dài.



Hình 31.6
Sơ đồ minh hoạ cách khắc phục tật cận thị

b) Tật cận thị thường được khắc phục bằng cách đeo kính phân kì có độ tụ thích hợp để có thể nhìn rõ vật ở vô cực mà mắt không phải điều tiết (Hình 31.6). **C2**

Nếu coi như kính đeo sát mắt thì tiêu cự của kính được xác định bởi :

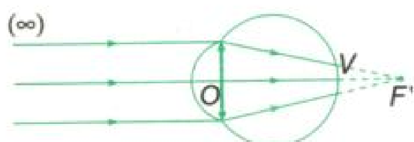
$$f = -OC_v$$

C2 Hãy chứng tỏ rằng, hệ ghép (mắt cận + thấu kính phân kì) có độ tụ nhỏ hơn độ tụ của mắt cận.

2. Mắt viễn và cách khắc phục

a) Mắt viễn có độ tụ nhỏ hơn độ tụ của mắt bình thường. Một chùm tia sáng song song truyền đến mắt viễn sẽ cho chùm tia ló hội tụ tại một điểm sau màng lưới (Hình 31.7).

$$f_{max} > OV$$



Hình 31.7
Sơ đồ minh hoạ đặc điểm quang học của mắt viễn

Các hệ quả :

- Mắt viễn nhìn vật ở vô cực đã phải điều tiết.
- Điểm C_c xa mắt hơn bình thường.

b) Người viễn thị điều tiết mắt (giảm tiêu cự) có thể nhìn thấy được các vật ở xa. Tật viễn thị thường được khắc phục bằng cách đeo kính hội tụ để có thể nhìn rõ các vật ở gần mắt như mắt bình thường. Tiêu cự của thấu kính phải có giá trị thích hợp để ảnh ảo của điểm gần nhất mà người viễn thị muốn quan sát được tạo ra tại điểm cực cận của mắt.

3. Mắt lão và cách khắc phục

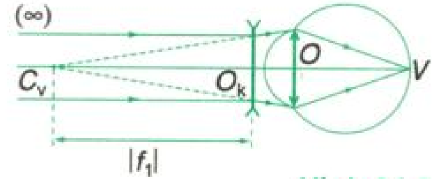
a) Với hầu hết mọi người, kể từ tuổi trung niên, khả năng điều tiết giảm vì cơ mắt yếu đi và thể thuỷ tinh trở nên cứng hơn. Hậu quả là điểm cực cận C_c dời xa mắt. Đó là *tật lão thị* (mắt lão). Không nên coi mắt lão là mắt viễn. Mắt không tật, mắt cận hay mắt viễn khi lớn tuổi đều có thêm tật lão thị.

b) Để khắc phục tật lão thị, phải đeo kính hội tụ tương tự như người viễn thị.

Đặc biệt, người có mắt cận khi lớn tuổi thường phải :

- đeo kính phân kì để nhìn xa.
- đeo kính hội tụ để nhìn gần.

Người ta thường thực hiện loại "*kính hai tròng*" có phần trên phân kì và phần dưới hội tụ.



Hình 31.8

Bài tập ví dụ 2

Một người cận thị lớn tuổi chỉ còn nhìn thấy rõ các vật trong khoảng cách mắt 50 cm ÷ 67 cm.

Tính độ tụ của các kính phải đeo để người này có thể :

– nhìn xa vô cùng không điều tiết.

– đọc được sách khi đặt gần mắt nhất, cách mắt 25 cm.

Coi kính đeo sát mắt.

Giải

– Để nhìn xa phải có (Hình 31.8) :

$$f_1 = -O_kC_v = -67 \text{ cm} \approx -\frac{2}{3} \text{ m}$$

$$D_1 = \frac{1}{f_1} = -1,5 \text{ dp}$$

– Để đọc sách đặt gần mắt nhất, cách mắt 25 cm, phải đeo kính có tiêu cự f_2 xác định bởi :

$$\frac{1}{25} - \frac{1}{50} = \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = 50 \text{ cm} = 0,50 \text{ m}$$

$$D_2 = \frac{1}{f_2} = 2 \text{ dp}$$

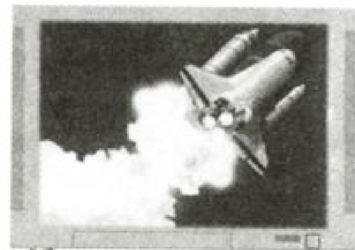


Hình 31.9

V - HIỆN TƯỢNG LƯU ẢNH CỦA MẮT

Năm 1829, Pla-tô (Plateau) – nhà vật lí người Bỉ phát hiện ra là cảm nhận do tác động của ánh sáng lên các tế bào màng lưới tiếp tục tồn tại khoảng $\frac{1}{10}$ giây đồng hồ sau khi chùm sáng tắt. Trong thời gian $\frac{1}{10}$ giây này ta vẫn còn "*thấy*" vật, mặc dù ảnh của vật không còn được tạo ra ở màng lưới nữa.

Đó là hiện tượng *lưu ảnh của mắt*. Nhờ hiện tượng này mà mắt nhìn thấy các ảnh trên màn ảnh chiếu phim (Hình 31.9), trên màn hình tivi (Hình 31.10),... chuyển động.



Hình 31.10

❖ Cấu tạo của mắt gồm : màng giác , thuỷ dịch, lòng đen và con ngươi, thể thuỷ tinh, dịch thuỷ tinh, màng lưới.

❖ Điều tiết là sự thay đổi tiêu cự của mắt để tạo ảnh của vật luôn hiện ra tại màng lưới.

+ Không điều tiết : f_{max}

+ Điều tiết tối đa : f_{min}

– Điểm cực viễn là điểm trên trục của mắt mà mắt nhìn rõ khi không điều tiết.

Mắt không tật thì C_v ở vô cực.

– Điểm cực cận là điểm trên trục của mắt mà mắt nhìn rõ khi điều tiết tối đa.

❖ Năng suất phân li là góc trông nhỏ nhất ε mà mắt còn phân biệt được hai điểm.

$\varepsilon \approx 1'$ (giá trị trung bình)

❖ Các tật của mắt và cách khắc phục :

Tật của mắt	Đặc điểm	Cách khắc phục
Mắt cận	$f_{max} < OV$	. Đeo kính phân kì . $f_k = -OC_v$ (kính sát mắt)
Mắt viễn	$f_{max} > OV$	. Đeo kính hội tụ . Tiêu cự có giá trị sao cho mắt đeo kính nhìn gần như mắt không tật
Mắt lão	C_c dời xa mắt	. Đeo kính hội tụ . Tác dụng của kính như với mắt viễn

❖ Hiện tượng lưu ảnh của mắt :

Tác động của ánh sáng lên màng lưới còn tồn tại khoảng $\frac{1}{10}$ giây sau khi ánh sáng tắt.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Trình bày cấu tạo của mắt về phương diện quang học.

2. Trình bày các hoạt động và các đặc điểm sau của mắt :

   – Điều tiết ; – Điểm cực viễn ;

   – Điểm cực cận ; – Khoảng nhìn rõ.

3. Nêu các đặc điểm và cách khắc phục đối với :

   – Mắt cận ; – Mắt viễn ; – Mắt lão.

   Có phải người lớn tuổi thì bị viễn thị không ? Giải thích.

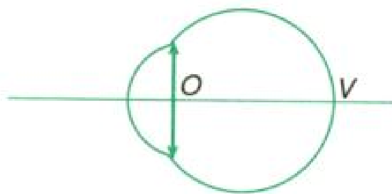
4. Năng suất phân li của mắt là gì ?

5. Trình bày sự lưu ảnh của mắt và các ứng dụng.

Cấu tạo thu gọn của mắt về phương diện quang học được biểu diễn như sơ đồ Hình 31.11 :

O : quang tâm của mắt ;

V : điểm vàng trên màng lưới.



Hình 31.11

Quy ước đặt :

① : Mắt bình thường về già ;

② : Mắt cận ; ③ : Mắt viễn.

Hãy chọn đáp án đúng cho các bài tập từ số 6 đến số 8.

6. Mắt loại nào có điểm cực viễn C_V ở vô cực ?

   A. ① . B. ② .

   C. ③ . D. ① và ③ .

7. Mắt loại nào có $f_{max} > OV$?

   A. ① . B. ② .

   C. ③ . D. Không loại nào.

8. Mắt loại nào phải đeo kính hội tụ ?

   A. ① . B. ② .

   C. ③ . D. ① và ③ .

9. Mắt của một người có điểm cực viễn C_V cách mắt 50 cm.

   a) Mắt người này bị tật gì ?

   b) Muốn nhìn thấy vật ở vô cực không điều tiết, người đó phải đeo kính có độ tụ bao nhiêu ? (Kính đeo sát mắt).

   c) Điểm C_c cách mắt 10 cm. Khi đeo kính, mắt nhìn thấy điểm gần nhất cách mắt bao nhiêu ? (Kính đeo sát mắt).

10. Một mắt bình thường về già, khi điều tiết tối đa thì tăng độ tụ của mắt thêm 1 dp.

    a) Xác định điểm cực cận và cực viễn.

    b) Tính độ tụ của thấu kính phải đeo (cách mắt 2 cm) để mắt nhìn thấy một vật cách mắt 25 cm không điều tiết.

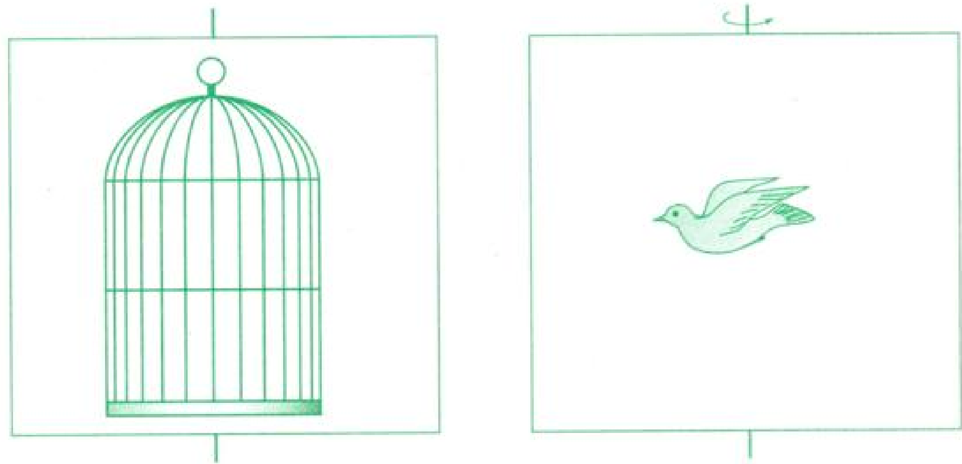
Em có biết ?

THÍ NGHIỆM ĐƠN GIẢN VỀ SỰ LƯU ẢNH CỦA MẮT

Có thể thực hiện một trò chơi đơn giản như sau để chứng tỏ hiện tượng lưu ảnh của mắt.

Dùng bút đen vẽ lên một mặt của tấm bìa hình một cái lồng chim. Dùng bút màu vẽ lên mặt kia một con chim (Hình 31.12). Cho tấm bìa quay nhanh qua lại.

Quan sát tấm bìa. Nhận xét và giải thích hiện tượng.



Hình 31.12

32 KÍNH LÚP

Trong nhiều trường hợp, con người muốn quan sát các vật thể, các chi tiết nhỏ hơn giới hạn mà năng suất phân li của mắt cho phép.

Ví dụ, người thợ sửa đồng hồ muốn quan sát các bộ phận của chiếc đồng hồ đeo tay ; chuyên viên phòng thí nghiệm sinh học muốn quan sát các tế bào, các hồng cầu, các vi trùng,...

Quang học đã giúp chế tạo các dụng cụ đạt được yêu cầu đó.

I - TỔNG QUÁT VỀ CÁC DỤNG CỤ QUANG BỔ TRỢ CHO MẮT

Các dụng cụ quang đều có tác dụng tạo ảnh với góc trông lớn hơn góc trông vật nhiều lần. Đại lượng đặc trưng cho tác dụng này là *số bội giác*, được định nghĩa như sau :

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0} \quad \text{(góc nhỏ)}$$

trong đó : α là góc trông ảnh qua kính ; α_0 là góc trông vật có giá trị lớn nhất được xác định trong từng trường hợp. **C1**



Hình 32.1
Kính lúp thông thường

C1 Số bội giác phụ thuộc những yếu tố nào ?

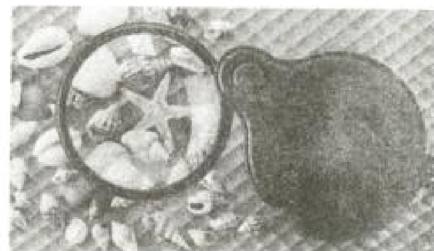
Người ta phân các dụng cụ quang thành hai nhóm :

– Các dụng cụ quan sát vật nhỏ gồm kính lúp, kính hiển vi,...

– Các dụng cụ quan sát vật ở xa gồm kính thiên văn, ống nhòm,...

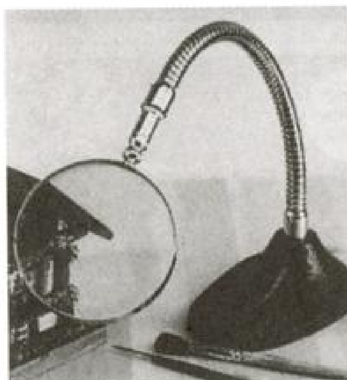
II - CÔNG DỤNG VÀ CẤU TẠO CỦA KÍNH LÚP

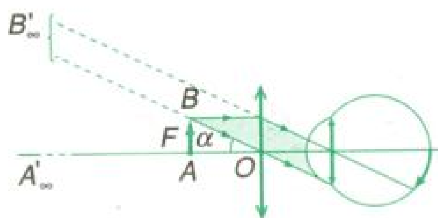
Kính lúp là dụng cụ quang bổ trợ cho mắt để quan sát các vật nhỏ (Hình 32.1, 32.2, 32.3 và 32.4).



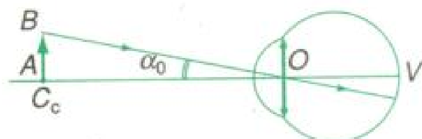
Hình 32.2 *Kính lúp bỏ túi*


Hình 32.3
Kính lúp dùng trong vi phẫu thuật


Hình 32.4
Kính lúp để bàn



Hình 32.5
Mắt ngắm chừng kính lúp ở vô cực



Hình 32.6

Kính lúp được cấu tạo bởi một thấu kính hội tụ (hay một hệ ghép tương đương với một thấu kính hội tụ) có tiêu cự nhỏ (vài xentimét).

III - SỰ TẠO ẢNH BỞI KÍNH LÚP

Khi quan sát một vật nhỏ qua kính lúp, mắt nhìn ảnh ảo của vật đó qua kính. Muốn thế, phải đặt vật nhỏ trong khoảng từ quang tâm O của kính đến tiêu điểm vật chính F.

Ngoài ra, để mắt có thể nhìn thấy ảnh thì ảnh phải có vị trí nằm ở trong khoảng nhìn rõ của mắt.

Để thoả mãn hai điều kiện trên, khi dùng kính lúp ta phải điều chỉnh (xê dịch kính trước vật hoặc ngược lại). Động tác quan sát ảnh ở một vị trí xác định gọi là *ngắm chừng* ở vị trí đó.

Khi cần quan sát trong một khoảng thời gian dài, ta nên thực hiện cách ngắm chừng ở điểm cực viễn để mắt không bị mỏi.

IV - SỐ BỘI GIÁC CỦA KÍNH LÚP

Xét trường hợp ngắm chừng ở vô cực :

$$G_\infty = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0}$$

Ta có : $\tan\alpha = \dfrac{AB}{f}$

Ngoài ra, góc trông vật có giá trị lớn nhất α_0 ứng với vật đặt tại điểm cực cận C_c (Hình 32.6).

$$\tan\alpha_0 = \frac{AB}{OC_c}$$

Do đó :

$$G = \frac{AB}{f}\cdot\frac{OC_c}{AB}$$

$$G_\infty = \frac{OC_c}{f} = \frac{Đ}{f}$$

C2

Chú ý : Người ta thường lấy khoảng cực cận là $OC_c = 25$ cm. Khi sản xuất kính lúp, người ta ghi giá trị của G_∞ ứng với khoảng cực cận này trên kính.

Ví dụ : Các kính có kí hiệu 3×, 5×, 8×,... sẽ có tiêu cự tương ứng là $\frac{25}{3}$ cm, $\frac{25}{5}$ cm, $\frac{25}{8}$ cm,... Chúng có khả năng làm cho góc trông ảnh qua kính lớn hơn ba lần, năm lần, tám lần,... góc trông trực tiếp vật.

C2 Hãy thiết lập công thức của số bội giác khi ngắm chừng ở điểm cực cận.

Bài tập ví dụ

Một người có khoảng cực cận $OC_c = 15$ cm và điểm C_v ở vô cực.

Người này quan sát một vật nhỏ qua kính lúp có tiêu cự 5 cm. Mắt đặt cách kính 10 cm.

a) Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính ?

b) Tính số bội giác của kính trong trường hợp người này ngắm chừng ở vô cực.

Giải

a) *Khoảng đặt vật*

Khoảng phải đặt vật là MN sao cho ảnh của M, N qua kính lúp lần lượt là các điểm C_v ở ∞ và C_c.

Ta có : $d'_M = -O_kC_v = -\infty$

Suy ra : $d_M = f = 5$ cm.

$d'_N = -O_kC_c = -5$ cm

Từ đó : $d_N = \frac{d'_N f}{d'_N - f} = \frac{(-5).5}{-5-5} = 2{,}50$ cm.

Khoảng phải đặt vật là khoảng giới hạn bởi : $2{,}50 \text{ cm} \leq d \leq 5$ cm.

b) *Số bội giác*

Ta có công thức : $G_\infty = \frac{Đ}{f}$

Vậy : $G_\infty = \frac{15}{5} = 3.$

- **Dụng cụ quang bổ trợ cho mắt đều tạo ảnh ảo có góc trông lớn.**
- **Số bội giác : $G = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0}$.**
- **Kính lúp là thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ (vài xentimét).**
- **Số bội giác của kính lúp khi ngắm chừng ở vô cực : $G_\infty = \frac{Đ}{f}$.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Các dụng cụ quang bổ trợ cho mắt có tác dụng tạo ảnh ra sao ? Định nghĩa số bội giác.
2. Kính lúp có cấu tạo như thế nào ?
3. Vẽ đường truyền của chùm tia sáng ứng với mắt ngắm chừng kính lúp ở vô cực.

   Viết công thức số bội giác của kính lúp trong trường hợp này.



Vẽ sơ đồ tia sáng trong trường hợp mắt ngắm chừng kính lúp ở vô cực để trả lời câu hỏi của bài tập 4 và 5 dưới đây.

4. Yếu tố nào kể sau *không* ảnh hưởng đến giá trị của số bội giác ?

   A. Kích thước của vật.

   B. Đặc điểm của mắt.

   C. Đặc điểm của kính lúp.

   D. Không có (các yếu tố A, B, C đều ảnh hưởng).

5. Tiếp theo bài tập 4.

   Cách thực hiện nào sau đây vẫn cho phép tiếp tục ngắm chừng ở vô cực ?

   A. Dời vật.

   B. Dời thấu kính.

   C. Dời mắt.

   D. Không cách nào.

6. Một học sinh cận thị có các điểm C_c, C_V cách mắt lần lượt 10 cm và 90 cm. Học sinh này dùng kính lúp có độ tụ +10 dp để quan sát một vật nhỏ. Mắt đặt sát kính.

   a) Vật phải đặt trong khoảng nào trước kính ?

   b) Một học sinh khác, có mắt không bị tật, ngắm chừng kính lúp nói trên ở vô cực. Cho OC_c = 25 cm. Tính số bội giác.

33 KÍNH HIỂN VI

Kính hiển vi xuất hiện lần đầu ở Hà Lan vào khoảng cuối thế kí XVI ở dạng thô sơ. Ngày nay, kính hiển vi có thể giúp người ta quan sát và chụp ảnh được những vật thể cực nhỏ như : các tế bào, các vi khuẩn... (Hình 33.1và 33.2).

I - CÔNG DỤNG VÀ CẤU TẠO CỦA KÍNH HIỂN VI

Kính hiển vi là dụng cụ quang bổ trợ cho mắt để quan sát những vật rất nhỏ, bằng cách tạo ảnh có góc trông lớn. Số bội giác của kính hiển vi lớn hơn rất nhiều so với số bội giác của kính lúp.

Kính hiển vi có hai bộ phận chính :

- *Vật kính* L_1 là một thấu kính hội tụ (thực ra là một hệ thấu kính tác dụng như thấu kính hội tụ) có tiêu cự rất nhỏ (cỡ milimét).
- *Thị kính* L_2 là một kính lúp dùng để quan sát ảnh của vật tạo bởi vật kính.

Hai bộ phận chính này được gắn ở hai đầu một ống hình trụ sao cho trục chính của chúng trùng nhau và khoảng cách giữa chúng $O_1O_2 = l$ không đổi (Hình 33.5).

Người ta gọi $F'_1F_2 = \delta$ là *độ dài quang học* của kính.

Ngoài ra còn có bộ phận tụ sáng để chiếu sáng vật cần quan sát. Đó thường là một gương cầu lõm.



Hình 33.1
Kính hiển vi thô sơ ở thời kì đầu



Hình 33.2
Kính hiển vi ngày nay

II - SỰ TẠO ẢNH BỞI KÍNH HIỂN VI

Vật kính có tác dụng tạo ảnh thật $A'_1B'_1$ lớn hơn vật AB và ở trong khoảng O_2F_2 từ quang tâm đến tiêu diện vật của thị kính.



Hình 33.3
Tiêu bản để quan sát qua kính hiển vi



Hình 33.4
Điều chỉnh kính hiển vi dùng ốc vi cấp

C1 Tại sao phải kẹp vật giữa hai bản thuỷ tinh mỏng khi quan sát vật bằng kính hiển vi ?

Thị kính tạo ảnh ảo sau cùng $A_2'B_2'$ lớn hơn vật nhiều lần và ngược chiều so với vật AB.

Mắt đặt sau thị kính để quan sát sẽ nhìn thấy ảnh $A_2'B_2'$ của vật AB tạo bởi kính hiển vi.

Ảnh sau cùng $A_2'B_2'$ phải được tạo ra trong khoảng nhìn rõ của mắt. Do đó phải điều chỉnh kính để thay đổi khoảng cách d_1 từ vật AB đến vật kính O_1.

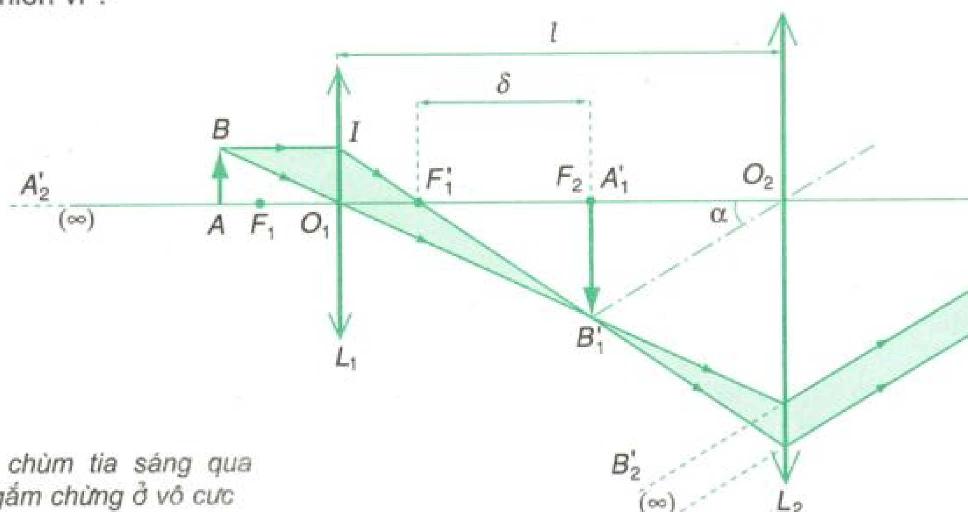
Đối với kính hiển vi, ứng với khoảng C_vC_c của ảnh thì khoảng Δd_1 xê dịch vật thường hết sức nhỏ, khoảng vài chục micrômét.

Do đó trong thực tế khi quan sát vật bằng kính hiển vi phải thực hiện như sau :

– Vật phải là vật phẳng kẹp giữa hai tấm thuỷ tinh mỏng trong suốt. Đó là *tiêu bản* (Hình 33.3). **C1**

– Vật được đặt cố định trên giá. Ta dời toàn bộ ống kính từ vị trí sát vật ra xa dần bằng ốc vi cấp (Hình 33.4).

Nếu ảnh sau cùng $A_2'B_2'$ của vật cần quan sát được tạo ra ở vô cực thì ta có sự ngắm chừng kính ở vô cực (Hình 33.5).



Hình 33.5
Đường truyền của chùm tia sáng qua kính hiển vi được ngắm chừng ở vô cực

Bài tập ví dụ

Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự f_1 = 1 cm, thị kính có tiêu cự f_2 = 4 cm. Độ dài quang học của kính là 16 cm. Mắt đặt sát thị kính.

Người quan sát có mắt không bị tật và có khoảng cực cận là Đ = 20 cm.

Phải đặt vật trong khoảng nào trước vật kính để người quan sát có thể nhìn thấy ảnh của vật qua kính ?

Giải

Khoảng cách giữa vật kính và thị kính : $l = O_1O_2 = \delta + f_1 + f_2 = 21$ cm.

Các vị trí M, N giới hạn vị trí vật được xác định như sau :

- $M \xrightarrow[d_{11};\, d'_{11}]{L_1} M'_1 \xrightarrow[d_{21};\, d'_{21}]{L_2} M'_2 \equiv C_v$

$d'_{21} \to \infty$; $d_{21} = f_2 = 4$ cm ; $d'_{11} = l - d_{21} = 17$ cm.

$$d_{11} = \frac{d'_{11}f_1}{d'_{11} - f_1} = 10{,}625 \text{ mm}$$

- $N \xrightarrow[d_{12};\, d'_{12}]{L_1} N'_1 \xrightarrow[d_{22};\, d'_{22}]{L_2} N'_2 \equiv C_c$

$$d'_{22} = -Đ = -20 \text{ cm} \;;\; d_{22} = \frac{d'_{22}f_2}{d'_{22} - f_2} = \frac{10}{3} \text{ cm}$$

$$d'_{12} = l - d_{22} = \frac{53}{3} \text{ cm} \;;\; \frac{1}{d_{12}} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{d'_{12}} = \frac{50}{53}$$

$\Rightarrow d_{12} = 1{,}0600$ cm = 10,600 mm

Vật chỉ có thể xê dịch trong khoảng : $\Delta d_1 = 25$ µm.

III - SỐ BỘI GIÁC CỦA KÍNH HIỂN VI

Xét trường hợp ngắm chừng ở vô cực.

Đặt : $|k_1|$ là số phóng đại ảnh bởi vật kính ; G_2 là số bội giác của thị kính ngắm chừng ở vô cực.

Ta có :

$$G_\infty = |k_1|G_2$$

C2

Hai số liệu này thường được ghi trên vành của vật kính và thị kính.

C2 Dựa vào hình 33.5, hãy thiết lập hệ thức :

$$G_\infty = |k_1|G_2$$

C3 Hãy thiết lập hệ thức :

$$G_\infty = \frac{\delta Đ}{f_1 f_2}$$

Công thức trên có thể biến đổi và viết dưới một dạng khác :

$$G_\infty = \frac{\delta Đ}{f_1 f_2}$$ **C3**

với $Đ = OC_c$.

- **Hai bộ phận chính của kính hiển vi là :**
  – Vật kính : thấu kính hội tụ có tiêu cự rất nhỏ (cỡ milimét) ;
  – Thị kính : kính lúp.
- **Điều chỉnh kính hiển vi : đưa ảnh sau cùng của vật hiện ra trong khoảng C_vC_c của mắt.**
- **Số bội giác khi ngắm chừng ở vô cực : $G_\infty = |k_1|G_2 = \frac{\delta Đ}{f_1 f_2}$.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Nêu công dụng và cấu tạo của kính hiển vi.
2. Nêu đặc điểm tiêu cự của vật kính và thị kính của kính hiển vi.
3. Muốn điều chỉnh kính hiển vi, ta thực hiện ra sao ? Khoảng xê dịch khi điều chỉnh kính hiển vi có giá trị như thế nào ?
4. Vẽ đường truyền của chùm tia sáng ứng với mắt ngắm chừng kính hiển vi ở vô cực.
5. Viết công thức số bội giác của kính hiển vi khi mắt ngắm chừng ở vô cực.



Xét các tính chất kể sau của ảnh tạo bởi thấu kính :

① Thật ; ② Ảo ;

③ Cùng chiều với vật ;

④ Ngược chiều với vật ; ⑤ Lớn hơn vật.

Hãy chọn đáp án đúng ở các bài tập 6, 7 và 8 dưới đây.

6. Vật kính của kính hiển vi tạo ảnh có các tính chất nào ?

A. ① + ③. B. ② + ④.

C. ① + ④ + ⑤. D. ② + ④ + ⑤.

7. Thị kính của kính hiển vi tạo ảnh có các tính chất nào ?

A. ① + ④. B. ② + ④.

C. ① + ③ + ⑤. D. ② + ③ + ⑤.

8. Khi quan sát một vật nhỏ thì ảnh của vật tạo bởi kính hiển vi có các tính chất nào ?

A. ① + ⑤. B. ② + ③.

C. ① + ③ + ⑤. D. ② + ④ + ⑤.

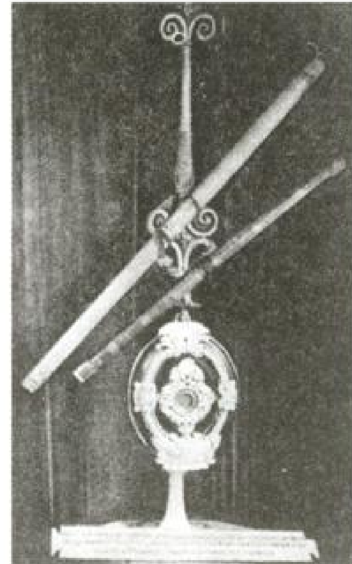
9. Một kính hiển vi có các tiêu cự vật kính và thị kính là f_1 = 1 cm, f_2 = 4 cm. Độ dài quang học của kính là 16 cm. Người quan sát có mắt không bị tật và có khoảng cực cận OC_c = 20 cm. Người này ngắm chừng ở vô cực.

a) Tính số bội giác của ảnh.

b) Năng suất phân li của mắt người quan sát là 2'. Tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm của vật mà mắt người quan sát còn phân biệt được ảnh.

34 KÍNH THIÊN VĂN

Tuy không phải là người chế tạo ra kính thiên văn đầu tiên, nhưng Ga-li-lê là người đầu tiên đã sử dụng kính thiên văn để quan sát bầu trời và có nhiều khám phá quan trọng : phát hiện ra 4 vệ tinh của Mộc tinh, vành đai của Thổ tinh, các ngọn núi trên Mặt Trăng,...



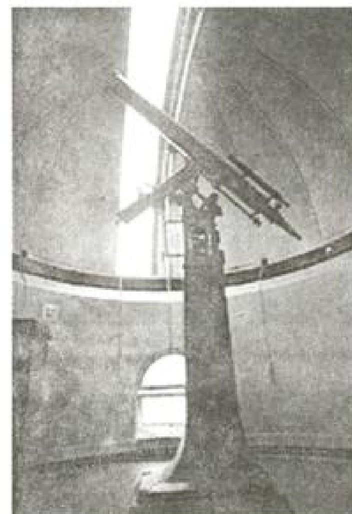
Hình 34.1
Kính thiên văn cổ của Ga-li-lê được lưu giữ tại Viện Bảo tàng thành phố Flo-răng-xơ (Florence)

I - CÔNG DỤNG VÀ CẤU TẠO CỦA KÍNH THIÊN VĂN

Kính thiên văn là dụng cụ quang bổ trợ cho mắt, có tác dụng tạo ảnh có góc trông lớn đối với những vật ở rất xa (các thiên thể).

Kính thiên văn có hai bộ phận chính :

- *Vật kính* L_1 là một thấu kính hội tụ có tiêu cự lớn (có thể đến hàng chục mét).
- *Thị kính* L_2 là một kính lúp để quan sát ảnh tạo bởi vật kính.



Hình 34.2
Kính thiên văn cùng với mái vòm có đường hở để quan sát bầu trời

II - SỰ TẠO ẢNH BỞI KÍNH THIÊN VĂN

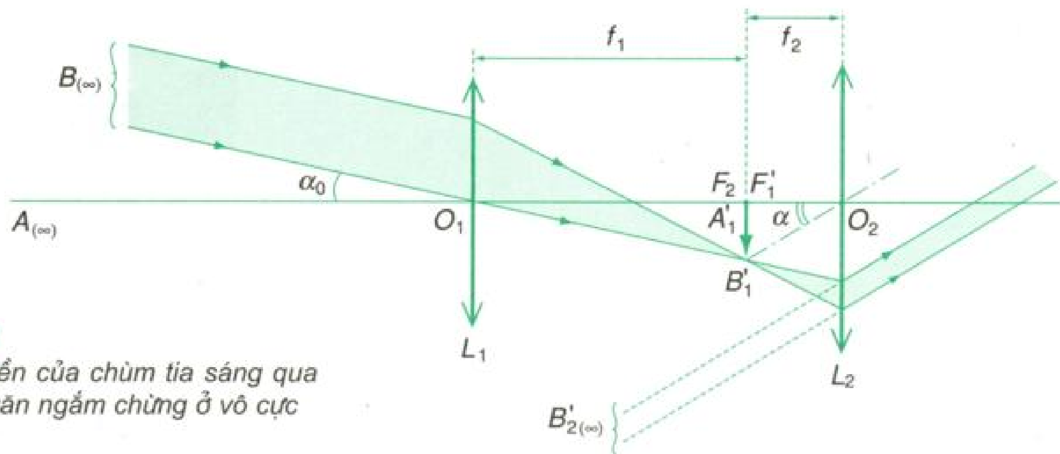
Vật kính tạo ảnh thật của vật (ở vô cực) tại tiêu diện ảnh. Thị kính giúp mắt quan sát ảnh này.

Ảnh của thiên thể tạo bởi kính thiên văn là ảnh ảo, ngược chiều với vật, có góc trông lớn hơn nhiều lần so với góc trông trực tiếp vật.

C1 *Tại sao khi điều chỉnh kính thiên văn, ta không phải dời toàn bộ kính như với kính hiển vi ?*

Khi sử dụng kính thiên văn, mắt người quan sát được đặt sát thị kính. Phải điều chỉnh kính bằng cách dời thị kính sao cho ảnh sau cùng nằm trong khoảng nhìn rõ của mắt. **C1**

Để có thể quan sát trong một thời gian dài mà không bị mỏi mắt, ta phải đưa ảnh sau cùng ra vô cực : ngắm chừng ở vô cực (nếu mắt không có tật) (Hình 34.3).



Hình 34.3
Đường truyền của chùm tia sáng qua kính thiên văn ngắm chừng ở vô cực

Chú ý :

– Giá trị của G_∞ được ghi trên các kính thiên văn.

– Khi mắt ngắm chừng ở vô cực, kính thiên văn là một *hệ vô tiêu* (không có tiêu điểm).

III - SỐ BỘI GIÁC CỦA KÍNH THIÊN VĂN

Xét trường hợp ngắm chừng ở vô cực (Hình 34.3).

Ta có : $G_\infty = \dfrac{\alpha}{\alpha_0} \approx \dfrac{\tan\alpha}{\tan\alpha_0}$

Vì $\tan\alpha = \dfrac{A'_1B'_1}{f_2}$; $\tan\alpha_0 = \dfrac{A'_1B'_1}{f_1}$

(mỗi thiên thể có góc trông α_0 nhất định).

Do đó : $$G_\infty = \frac{f_1}{f_2}$$

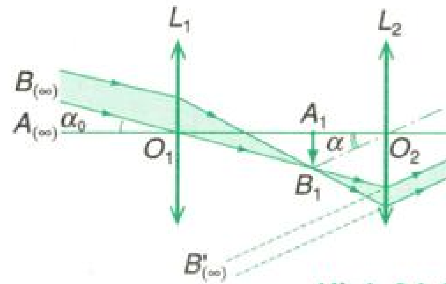
Số bội giác của kính thiên văn trong điều kiện này không phụ thuộc vị trí đặt mắt sau thị kính.

Bài tập ví dụ

Vật kính của một kính thiên văn là một thấu kính hội tụ có tiêu cự lớn ; thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ.

Một người, mắt không có tật, dùng kính thiên văn này để quan sát Mặt Trăng ở trạng thái không điều tiết. Khi đó khoảng cách giữa vật kính và thị kính là 90 cm. Số bội giác của kính là 17.

Tính các tiêu cự của vật kính và thị kính.



Hình 34.4

Giải

Nếu mắt không có tật, quan sát ảnh ở trạng thái không điều tiết thì ảnh này ở vô cực (ngắm chừng ở vô cực) (Hình 34.4).

Sơ đồ tạo ảnh :

$$AB \xrightarrow[d_1\,;\,d'_1]{L_1} A'_1B'_1 \xrightarrow[d_2\,;\,d'_2]{L_2} A'B'$$

Với $A'B'$: $d'_2 \to \infty \Rightarrow d_2 = f_2$

Với A_1B_1 : $d_1 \to \infty \Rightarrow d'_1 = f_1$

Ta suy ra : $d_2 = l - d'_1 \Rightarrow l = f_1 + f_2$

Vậy, theo đề bài :

$$f_1 + f_2 = 90 \text{ cm} \qquad (1)$$

Mặt khác, số bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực được tính bởi

$$G_\infty = \frac{f_1}{f_2} = 17 \qquad (2)$$

Từ (1) và (2), ta tìm được :

$$f_1 = 85 \text{ cm} ; f_2 = 5 \text{ cm}$$

Chú ý :

– Kính thiên văn trình bày ở trên thuộc loại *kính thiên văn khúc xạ*, sử dụng thấu kính làm vật kính.

– Còn có loại *kính thiên văn phản xạ*, sử dụng gương parabol làm vật kính.

– Ống nhòm là một loại kính thiên văn dùng để quan sát vật ở xa trên mặt đất, mặt biển (Hình 34.5). Ảnh cuối cùng qua ống nhòm cùng chiều với vật.



Hình 34.5
Ống nhòm

❖ Kính thiên văn là dụng cụ quang để quan sát các thiên thể. Nó gồm hai bộ phận chính :

– Vật kính : thấu kính hội tụ có tiêu cự lớn (có thể đến hàng chục mét).

– Thị kính : kính lúp có tiêu cự nhỏ (vài xentimét).

Phải điều chỉnh để ảnh sau cùng hiện ra trong khoảng nhìn rõ của mắt.

❖ Số bội giác trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực :

$$G_\infty = \frac{f_1}{f_2}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Nêu công dụng và cấu tạo của kính thiên văn.
2. Vẽ đường truyền của chùm tia sáng qua kính thiên văn ngắm chừng ở vô cực.
3. Viết công thức về số bội giác của kính thiên văn ngắm chừng ở vô cực.
4. Giải thích tại sao tiêu cự vật kính của kính thiên văn phải lớn.



Đặt f_1 và f_2 lần lượt là tiêu cự của vật kính và thị kính của kính thiên văn.

Xét các biểu thức :

① . $f_1 + f_2$;

② . $\frac{f_1}{f_2}$; ③ . $\frac{f_2}{f_1}$.

Hãy chọn đáp án đúng ở các bài tập 5 và 6 dưới đây.

5. Số bội giác của kính thiên văn ngắm chừng ở vô cực có biểu thức nào ?

A. ① . B. ② .

C. ③ . D. Biểu thức khác.

6. Khoảng cách giữa vật kính và thị kính của kính thiên văn ngắm chừng ở vô cực có biểu thức nào ?

A. ① . B. ② .

C. ③ . D. Biểu thức khác.

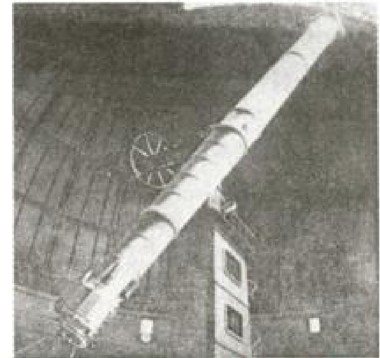
7. Vật kính của một kính thiên văn dùng ở trường học có tiêu cự f_1 = 1,2 m. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự f_2 = 4 cm.

Tính khoảng cách giữa hai kính và số bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực.

Em có biết ?

TỪ KÍNH THIÊN VĂN CỦA GA-LI-LÊ ĐẾN KÍNH THIÊN VĂN HÓP-BƠN [1]

Ga-li-lê là người đầu tiên có ý tưởng dùng kính thiên văn[2] do Líp-pơ-si (Hans Lippershey) ở Hà Lan phát minh vào năm 1608 (ban đầu gọi là "*kính thám tử*" : spyglass) vào việc quan sát bầu trời. Chính ông đã tự chế tạo ra chiếc kính thiên văn có số bội giác khoảng 30 và hiện được lưu giữ tại Viện bảo tàng Flo-răng-xơ. Dùng kính này, Ga-li-lê đã có nhiều khám phá quan trọng về Thái Dương hệ. Đây là loại kính thiên văn khúc xạ dùng thấu kính hội tụ làm vật kính.



Hình 34.6
Kính thiên văn I-éc-xơ

(1) Kính này được đặt theo tên của nhà thiên văn Mĩ Hớp-bơn, người đã phát hiện ra quy luật về chuyển động của các thiên hà mang tên ông.

(2) Ta thường hiểu kính viễn vọng là kính dùng để quan sát các vật ở xa trên mặt đất, còn kính thiên văn là kính dùng để quan sát các thiên thể. Hai loại kính này đều có cùng nguyên lí cấu tạo, gồm vật kính (là thấu kính hội tụ hay một gương cầu lõm) và thị kính.

Cho tới nay, kính thiên văn lớn nhất thuộc loại này là kính của Đài thiên văn I-éc-xơ (Mĩ). Kính có tiêu cự 19,8 m và vật kính có đường kính bề mặt là 1,02 m.

Chế tạo các kính thiên văn khúc xạ lớn rất phức tạp và khó khăn. Việc chế tạo các thấu kính có bề mặt lớn đòi hỏi chất liệu thuỷ tinh phải tinh khiết, làm nguội phải thật chậm và cấu trúc cơ học phải thật vững chắc...

Dù vậy, theo thời gian, thấu kính làm vật kính vẫn bị biến dạng (do thuỷ tinh là chất vô định hình) ảnh hưởng đến sự tạo ảnh.

Vì những lí do nêu trên mà về sau các kính thiên văn đều thuộc loại phản xạ, trong đó vật kính là một gương parabol. Loại kính thiên văn này được Niu-tơn phát minh ra và sử dụng đầu tiên vào năm 1672, được gọi là *kính viễn vọng*. Hiện nay, kính thiên văn phản xạ lớn nhất là kính thiên văn Kếch của Đài thiên văn Mao-na Ki đặt tại Ha-oai, có đường kính bề mặt 10 m.



Hình 34.7
Kính thiên văn Niu-tơn



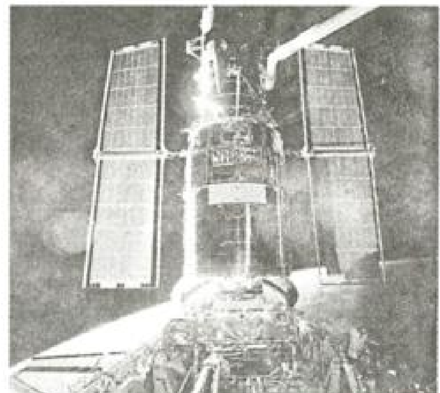
Hình 34.8
Ảnh chụp thiên hà Tiên Nữ (Andromeda) cách Trái Đất 900 000 năm ánh sáng qua kính thiên văn.

Tuy nhiên, việc quan sát bầu trời từ các kính thiên văn đặt trên mặt đất đều bị trở ngại bởi bầu khí quyển. Ngoài sự cản trở do các hiện tượng thời tiết (mưa, bão...) thì sự khúc xạ của ánh sáng khi truyền vào bầu khí quyển cũng ảnh hưởng đến sự tạo ảnh.

Để khắc phục nhược điểm này, vào ngày 24 - 4 - 1990, cơ quan NASA đã phóng vào không gian *kính thiên văn Hớp-bơn* bay quanh Trái Đất.

Nhờ hoạt động ở ngoài bầu khí quyển và sử dụng các thiết bị hiện đại nhất về quang học và viễn thông, kính thiên văn Hớp-bơn là công cụ tinh vi nhất giúp con người thu nhận được thông tin từ những vật thể rất xa xăm của vũ trụ.

Có thể tìm đọc thêm về kính Hớp-bơn ở địa chỉ : http://www.hubblesite.com



Hình 34.9
Kính thiên văn Hớp-bơn

35 Thực hành : XÁC ĐỊNH TIÊU CỰ CỦA THẤU KÍNH PHÂN KÌ

Thấu kính phân kì chỉ tạo ra ảnh ảo của vật thật với mọi khoảng cách d từ vật đến thấu kính. Vì không thể hứng được ảnh ảo trên màn ảnh, nên không biết chính xác vị trí của ảnh ảo và do đó không đo được khoảng cách $|d'|$ từ ảnh ảo đến thấu kính. Vậy có cách nào xác định được tiêu cự f của thấu kính phân kì không ?

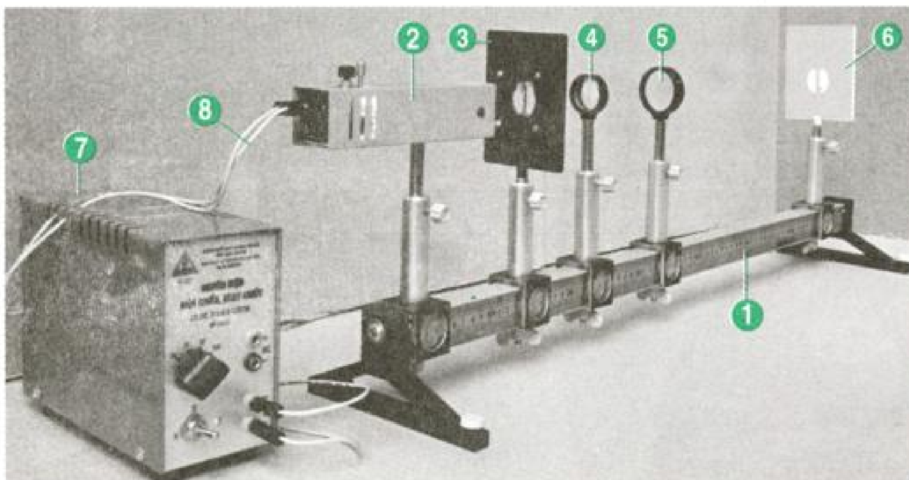
I - MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

1. Biết được phương pháp xác định tiêu cự của thấu kính phân kì bằng cách ghép nó đồng trục với một thấu kính hội tụ để tạo ra ảnh thật của vật thật qua hệ hai thấu kính.

2. Rèn luyện kĩ năng sử dụng giá quang học để xác định tiêu cự của thấu kính phân kì.

II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Bộ thiết bị thí nghiệm "Xác định tiêu cự của thấu kính phân kì" được bố trí như Hình 35.1a.



Hình 35.1a

1. Giá quang học G, có thước dài 75 cm.

2. Đèn chiếu $Đ$, loại 12 V – 21 W.

3. Bản chắn sáng C, màu đen, trên mặt có một lỗ tròn mang hình số 1 dùng làm vật AB (Hình 35.1b).

4. Thấu kính phân kì L.

5. Thấu kính hội tụ L_0.

6. Bản màn ảnh M.

7. Nguồn điện U (AC – DC : 0–3–9–12V/3A).

8. Bộ hai dây dẫn có đầu phích cắm.



Hình 35.1b

III - CƠ SỞ LÍ THUYẾT

Đặt một vật thật AB vuông góc với trục chính của một thấu kính phân kì L. Vì thấu kính phân kì luôn tạo ra một ảnh ảo $A'B'$ với mọi khoảng cách d từ vật AB đến thấu kính, nên không biết chính xác vị trí ảnh ảo $A'B'$. Do đó ta không đo trực tiếp được khoảng cách $|d'|$ từ ảnh ảo này đến thấu kính và không xác định được tiêu cự f của thấu kính phân kì L theo công thức :

$$f = \frac{dd'}{d + d'} \qquad (35.1)$$

C1 Hãy nêu rõ :

– tính chất của ảnh ảo $A'B'$ tạo bởi thấu kính phân kì đối với vật thật AB.

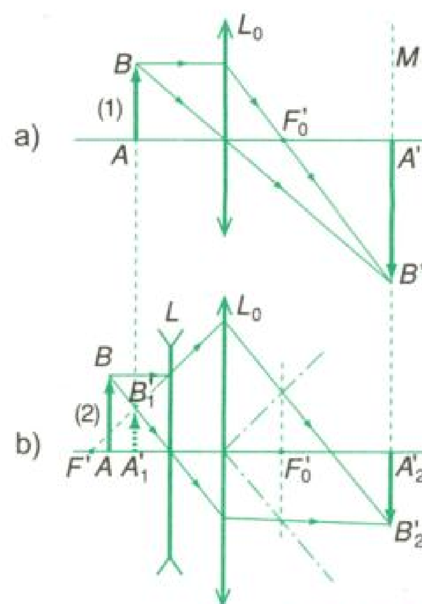
– quy ước về dấu đại số của các đại lượng d, d', f trong công thức (35.1).

C1

Để khắc phục khó khăn nêu trên, ta có thể áp dụng phương pháp sau đây :

– Đặt vật AB tại vị trí (1) trước thấu kính hội tụ L_0 để thu được một ảnh thật $A'B'$ rõ nét nhất trên màn ảnh M (Hình 35.2a). Sau đó, giữ cố định vị trí của thấu kính L_0 và màn ảnh M.

– Ghép thấu kính phân kì L đồng trục với thấu kính hội tụ L_0 thành hệ thấu kính (L, L_0). Di chuyển vật AB tới vị trí (2) sao cho ảnh ảo $A_1'B_1'$ tạo ra bởi thấu kính phân kì L được coi là vật thật đối với thấu kính hội tụ L_0 và thấu kính L_0 lại tạo ra một ảnh thật $A_2'B_2'$ rõ nét nhất trên màn ảnh M. Khi đó vị trí của ảnh ảo $A_1'B_1'$ trùng với vị trí (1) của vật AB (Hình 35.2b).



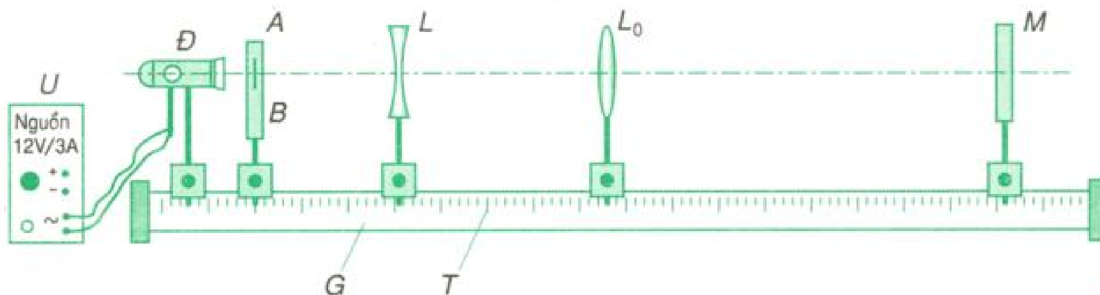
Hình 35.2

Như vậy, nếu đo khoảng cách d từ vị trí (2) của vật AB và khoảng cách $|d'|$ từ vị trí (1) của vật này đến thấu kính phân kì L, ta sẽ xác định được tiêu cự f của thấu kính phân kì L theo công thức (35.1).

IV - GIỚI THIỆU DỤNG CỤ ĐO

Giá quang học G (Hình 35.3) là một máng trượt bằng hợp kim nhôm, dài 75 cm, đặt nằm ngang. Trên thân giá G có một thước milimét T, dùng xác định vị trí của vật AB, của các thấu kính L, L_0 và màn ảnh M gắn trên giá G nhờ các vít hãm. Một đèn chiếu $Đ$ (loại 12 V – 21 W) có kính tụ quang, dùng làm nguồn sáng và được cấp điện bởi nguồn điện U (AC – DC : 0–3–9–12V/3A).

Muốn thay đổi vị trí của vật AB, của các thấu kính L, L_0 và của màn ảnh M trên giá quang học G, ta chỉ cần nới lỏng các vít hãm và dịch chuyển chúng trượt trên giá này.



Hình 35.3

V - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

1. Cắm phích lấy điện của đèn chiếu $Đ$ vào hai lỗ cắm cấp điện xoay chiều (ghi dấu ~) của nguồn điện U. Vặn núm xoay của nguồn điện này đến vị trí 12 V và bật công tắc của nó để đèn chiếu $Đ$ phát sáng.

2. Đặt vật AB, thấu kính hội tụ L_0 và màn ảnh M (theo thứ tự này) lên giá quang học G, vuông góc với chiều dài của giá :

– Vật AB ở tại vị trí (1), cách đèn chiếu *Đ* khoảng 10 ÷ 15 cm. Ghi vị trí (1) của vật *AB* vào Bảng thực hành 35.1 ;

– Thấu kính hội tụ L_0 và màn ảnh *M* ở gần sát phía sau vật *AB*. Điều chỉnh đèn *Đ* sao cho vòng tròn sáng do nó phát ra chiếu vừa kín mặt lỗ tròn chứa vật *AB* và truyền qua vùng chính giữa mặt thấu kính L_0. **C2**

Dựa vào điều kiện tạo ảnh thật của thấu kính hội tụ đối với vật thật để phối hợp dịch chuyển thấu kính hội tụ L_0 và màn ảnh *M* xa dần vật *AB* cho tới khi thu được *ảnh thật A'B', lớn hơn vật, hiện rõ nét nhất* trên màn ảnh *M*.

C2 Muốn thấu kính hội tụ L_0 tạo ra ảnh thật *A'B'* lớn hơn vật thật *AB* (Hình 35.2a), ta cần phải chọn các khoảng cách từ vật *AB* và từ màn ảnh *M* đến thấu kính hội tụ L_0 thoả mãn điều kiện gì so với tiêu cự của thấu kính này ?

3. Giữ cố định vị trí của thấu kính hội tụ L_0 và màn ảnh *M*. Dịch vật *AB* rời xa thấu kính hội tụ L_0 thêm 5 cm, đến vị trí (2). Đặt thấu kính phân kì *L* vào khoảng giữa vật *AB* và thấu kính hội tụ L_0, ghép thành một hệ hai thấu kính đồng trục (L, L_0) trên giá quang học *G*.

Dựa vào điều kiện tạo ảnh ảo của thấu kính phân kì đối với vật thật để dịch chuyển thấu kính phân kì *L* cho tới khi thu được *ảnh thật* $A'_2B'_2$, *nhỏ hơn vật AB và hiện rõ nét nhất trên màn ảnh M*. **C3**

Ghi vào Bảng thực hành 35.1 giá trị của :

– khoảng cách *d* từ vị trí (2) của vật *AB* đến thấu kính phân kì *L* ;

– khoảng cách |*d*'| từ vị trí (1) của vật *AB* đến thấu kính phân kì *L*.

C3 Muốn ảnh cuối cùng của vật *AB* tạo bởi hệ thấu kính (L, L_0) bố trí như Hình 35.2 là ảnh thật, thì khoảng cách giữa thấu kính phân kì *L* và thấu kính hội tụ L_0 phải lớn hơn hay nhỏ hơn tiêu cự của thấu kính hội tụ L_0 ? Giải thích tại sao.

4. Thực hiện năm lần các thao tác 2 và 3 ở trên, ứng với cùng vị trí (1) đã chọn của vật *AB*.

5. Xác định tiêu cự *f* của thấu kính phân kì *L* theo công thức (35.1), với chú ý quy ước về dấu đại số của các đại lượng *d*, *d'* và *f*.

BÁO CÁO THÍ NGHIỆM

Họ và tên : .... Lớp .... Tổ ....

1. Tên bài thực hành

....

2. Bảng thực hành 35.1

Vị trí (1) của vật *AB* : ....(mm)				
Lần đo	*d* (mm)	|*d*'| (mm)	*f* (mm)	Δf (mm)
1	....	....	....	....
2	....	....	....	....
3	....	....	....	....
4	....	....	....	....
5	....	....	....	....
Trung bình			$\overline{f}$ = ... (mm)	$\overline{\Delta f}$ = ... (mm)

3. Tính kết quả của phép đo trong Bảng thực hành 35.1

- Tính giá trị tiêu cự f của thấu kính phân kì L trong mỗi lần đo.
- Tính giá trị trung bình $\overline{f}$ của các lần đo.
- Tính sai số tuyệt đối của mỗi lần đo.
- Tính sai số tuyệt đối trung bình $\overline{\Delta f}$ của các lần đo.
- Tính sai số tỉ đối trung bình $\delta = \dfrac{\overline{\Delta f}}{|\overline{f}|}$.

4. Viết kết quả của phép đo

$f = \overline{f} \pm \overline{\Delta f}$ = ... ± .... (mm)

với δ = ...

CÂU HỎI



1. Viết công thức thấu kính và nói rõ quy ước về dấu của các đại lượng có trong công thức này.

2. Trình bày phương pháp đo tiêu cự của thấu kính phân kì L đã được thực hiện trong thí nghiệm này .

   Vẽ ảnh thật của một vật thật AB đặt vuông góc với trục chính của một hệ hai thấu kính đồng trục L, L_0. Cho biết thấu kính phân kì L đặt gần vật AB hơn so với thấu kính hội tụ L_0 và ảnh cuối cùng tạo bởi hệ thấu kính này là ảnh thật.

3. Có thể xác định tiêu cự của thấu kính hội tụ L_0 khi tiến hành thí nghiệm này được không ? Nếu biết, em hãy nói rõ nội dung này thuộc phần nào của bài thí nghiệm.

4. Hãy nói rõ cách xác định đúng vị trí ảnh rõ nét của một vật hiện trên màn ảnh đặt ở phía sau của một thấu kính hoặc của một hệ thấu kính.

5. Hãy cho biết những nguyên nhân nào có thể gây nên sai số ngẫu nhiên của phép đo tiêu cự f thấu kính phân kì L trong thí nghiệm này.

6. Có thể thực hiện phép đo tiêu cự f của thấu kính phân kì L bằng cách ghép nó đồng trục với một thấu kính hội tụ L_0, nhưng vật thật được đặt gần thấu kính hội tụ hơn so với thấu kính phân kì được không ?

   Nếu biết, em hãy trình bày rõ các bước tiến hành thí nghiệm và vẽ hình minh hoạ sự tạo ảnh của vật.

Tổng kết chương VII
MẮT
CÁC DỤNG CỤ QUANG

Bộ phận và dụng cụ	Cấu tạo	Đặc điểm	Các kết quả và công thức
(1)	(2)	(3)	(4)
1. Lăng kính	Khối chất trong suốt hình lăng trụ tam giác	– *Tác dụng :* + Tán sắc + Làm lệch tia ló về đáy	– *Góc lệch :* $D = i_1 + i_2 - A$
2. Thấu kính	– Khối chất trong suốt giới hạn bởi : + Hai mặt cầu + Hoặc một mặt cầu và một mặt phẳng – Hai loại : Hội tụ và phân kì	– *Thấu kính hội tụ* : + $f > 0$ + Ảnh, vật không thể cùng ảo + Ảnh ảo > vật – *Thấu kính phân kì* : + $f < 0$ + Vật thật luôn có ảnh ảo < vật	– *Độ tụ* : $D = \frac{1}{f}$ – *Công thức* : + Vị trí : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$ + Số phóng đại : $k = -\frac{d'}{d}$
3. Mắt	Hai bộ phận chính : – Thể thuỷ tinh – Màng lưới (võng mạc)	– *Nhìn thấy một vật :* Ảnh thật hiện ở màng lưới – *Điều tiết :* Thay đổi tiêu cự : $\begin{cases} + C_v : f_{max} \\ + C_c : f_{min} \end{cases}$ – *Năng suất phân li* : $\varepsilon \approx 1'$	– *Mắt cận :* + $f_{max} < OV$ + Đeo kính phân kì – *Mắt viễn :* + $f_{max} > OV$ + Đeo kính hội tụ – *Mắt lão :* + C_c dời xa theo tuổi + Đeo kính hội tụ

(1)	(2)	(3)	(4)
4. Kính lúp	Thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ (vài xentimét)	– Tạo ảnh ảo của vật có góc trông lớn	– *Số bội giác khi ngắm chừng ở vô cực :* $G_\infty = \frac{Đ}{f}$
5. Kính hiển vi	Hai bộ phận chính : – *Vật kính :* thấu kính hội tụ có f rất nhỏ (cỡ milimét) – *Thị kính :* kính lúp	– *Ảnh sau cùng tạo bởi kính :* + Ảo : lớn hơn vật nhiều lần + Ngược chiều vật – *Khoảng đặt vật :* $\Delta d_1 \approx$ vài chục micrômét	– *Số bội giác :* $G_\infty = \lvert k_1 \rvert G_2 = \frac{\delta Đ}{f_1 f_2}$
6. Kính thiên văn	Hai bộ phận chính : – *Vật kính :* thấu kính hội tụ có f rất lớn (có thể đến hàng chục mét) – *Thị kính :* kính lúp	Ảnh ảo có góc trông tăng nhiều lần	– *Số bội giác :* $G_\infty = \frac{f_1}{f_2}$

ĐÁP ÁN VÀ ĐÁP SỐ BÀI TẬP

CHƯƠNG I

1 **5.** D ; **6.** C ; **8.** $\pm 1.10^{-7}$ C.

2 **5.** D ; **6.** A.

3 **9.** B ; **10.** D ; **11.** 144 .10^3 V/m ; **12.** 64,6 cm ; **13.** 12,7.10^5 V/m.

4 **4.** D ; **5.** D ; **6.** Bằng 0 ; **7.** 1,6.10^{-18} J.

5 **5.** C ; **6.** C ; **7.** C ; **8.** +72 V ; **9.** –8.10^{-18} J.

6 **5.** D ; **6.** C ; **7.** a) 24.10^{-4} C ; b) 4.10^{-3} C ; **8*.** a) 12.10^{-4} C ; b) 72.10^{-6} J ; c) 36.10^{-6} J.

CHƯƠNG II

7 **6.** D ; **7.** B ; **8.** B ; **9.** D ; **10.** C ; **11.** B ; **13.** I = 3 mA ; **14.** Δq = 3 C ; **15.** A = 3 J.

8 **5.** B ; **6.** B ; **7.** A = 21 600 J ; $\mathscr{P}$ = 6 W ; **8.** b) $t \approx$ 698 s ; **9.** A_{ng} = 8 640 J ; $\mathscr{P}_{ng}$ = 9,6 W.

9 **4.** A ; **5.** a) I = 0,6 A ; $\mathscr{E}$ = 9 V ; b) $\mathscr{P}$ = 5,04 W ; $\mathscr{P}_{ng}$ = 5,4 W ; **6.** a) Dòng điện qua đèn : I = 0,4158 A, gần bằng cường độ dòng điện định mức, $\mathscr{P} \approx$ 4,98 W ; b) H = 99,8% ; **7**. a) $\mathscr{P}$ = 0,54 W ; b) Dòng điện qua bóng đèn có cường độ I = 0,375 A lớn hơn trước, nên bóng đèn sáng mạnh hơn.

10 **4.** $I \approx$ 0,476 A ; U = 5,714 V ; **5.** I = 1,5 A ; U_{AB} = 0 V ; **6.** a) Các đèn sáng dưới mức bình thường, vì hiệu điện thế trên đèn là $U_N^{(1)}$ = 2,25 V, nhỏ hơn hiệu điện thế định mức ; b) H = 75% ; c) Hiệu điện thế giữa hai cực của mỗi pin $U_1 = U_2$ = 1,125 V ; d) Đèn còn lại có công suất tiêu thụ là $\mathscr{P}$ = 0,55W.

11 **1.** a) R_N = 5 Ω ; b) $I_1 = I_2$ = 0,2 A ; I_3 = 0,8 A ; **2.** a) I = 1,5 A ; b) $\mathscr{P}_1$ = 9 W ; $\mathscr{P}_2$ = 18 W ; c) $\mathscr{P}_{ng}^{(1)}$ = 18 W ; $W_{ng}^{(1)}$ = 5 400 J ; $\mathscr{P}_{ng}^{(2)}$ = 9 W ; $W_{ng}^{(2)}$ = 2 700 J ; **3*.** a) $x = r - R$ = 1 Ω ; b) $x = r + R$ = 1,2 Ω ; $\mathscr{P}_x$ (max) = 30 W.

CHƯƠNG III

13 **5.** B ; **6.** D ; **7.** R_s = 484 Ω ; R_t = 48,8 Ω ; **8.** a) 8,38.10^{28} m^{-3} ; b) 7,46.10^{-5} m/s ; **9.** 490 kg.

14 **8.** C ; **9.** D ; **10.** $\approx$ 1 Ω.m ; **11.** 2,68.10^3 s.

15 **6.** D ; **7.** B ; **8.** a) vào khoảng 10^8 V ; b) Vào khoảng 10^4 V ; c) $\approx$ 0,35 m ; **9.** 62 hạt tải điện.

16 **8.** A ; **9.** B ; **10.** 6,25.10^{21} $s^{-1}.m^{-2}$; **11.** $\approx$ 3.10^7 m/s.

17 **6.** D ; **7.** D.

CHƯƠNG IV

19 **5.** B ; **6.** B ; **7.** Kim nam châm nhỏ nằm cân bằng dọc theo hướng một đường sức từ của dòng điện thẳng.

20 **4.** B ; **5.** B ; **6.** a) $I\vec{l}$ đặt theo phương không song song với các đường sức từ ; b) $I\vec{l}$ đặt song song với các đường sức từ ; **7.** $\vec{B}$ có phương nằm ngang : ($I\vec{l}, \vec{B}$) = $\alpha \neq$ 0 và 180° ;

có chiều sao cho chiều quay từ $I\vec{l}$ sang $\vec{B}$ thuận với chiều thẳng đứng đi lên ; có độ lớn thoả mãn hệ thức : $IlB\sin\alpha = mg$.

21 **3.** A ; **4.** C ; **5.** Cảm ứng từ bên trong ống 1 nhỏ hơn bên trong ống 2 ; **6.** Cảm ứng từ tại O_2 do I_1 gây ra là $B_1 = 10^{-6}$ T và do I_2 gây ra là $B_2 = 62,8.10^{-7}$ T ; tuỳ theo chiều của hai dòng điện : $B = B_2 \pm B_1$; **7.** Điểm phải tìm nằm trong mặt phẳng chứa hai dòng điện, trong khoảng giữa hai dòng điện, cách dòng thứ nhất 30 cm và dòng thứ hai 20 cm ; quỹ tích những điểm ấy là đường thẳng song song với hai dòng điện, cách dòng thứ nhất 30 cm và dòng thứ hai 20 cm.

22 **3.** C ; **4.** D ; **5.** C ; **6.** Lực điện song song với $\vec{E}$, còn lực Lo-ren-xơ vuông góc với $\vec{B}$; **7.** a) $v = 4,784.10^6$ m/s ; b) $T = 6,6.10^{-6}$ s ; **8*.** Khoảng cách AC đối với : $C_2H_5OH^+$ là 23 cm, $C_2H_5^+$ là 14,5 cm, OH^+ là 8,5 cm, CH_2OH^+ là 15,5 cm, CH_3^+ là 7,5 cm và CH_2^+ là 7,0 cm.

CHƯƠNG V

23 **3.** D ; **4.** A ; **5.** a) Mặt của (*C*) đối diện với cực *S* của nam châm là mặt Bắc ; b) Mặt của (*C*) đối diện với cực *S* của nam châm là mặt Nam ; c) Trong (*C*) không có dòng điện cảm ứng ; d) Trong (*C*) có dòng điện cảm ứng xoay chiều.

24 **3.** C ; **4.** 10^3 T/s ; **5.** 0,1 V ; **6*.** $e_{c_{max}} = B(\pi R^2)\omega$.

25 **4.** B ; **5.** C ; **6.** 0,079 H ; **7.** $i_a = 0,3$ A ; **8.** 0,144 J.

CHƯƠNG VI

26 **5.** B ; **6.** A ; **7.** D ; **8.** ≈ 6,4 cm ; **9.** 60°.

27 **5.** D ; **6.** A ; **7.** C ; **8.** a) Khúc xạ, $r = 45°$; b) $r = 90°$; c) Phản xạ toàn phần ; **9.** $\alpha \leq 30°$.

CHƯƠNG VII

28 **4.** D ; **5.** C ; **6.** A ; **7.** a) 36° ; b) $n \geq 1,70$.

29 **4.** B ; **5.** A ; **6.** B ; **7.** Xem Bảng tóm tắt ở trong bài 29 ; **8.** b) ≈ 1 cm ; **9.** a) Vận dụng tính chất thuận nghịch ; b) $f = \dfrac{a^2 - l^2}{4a}$; **10.** a) 100 cm ; 25 cm ; ≈ 17,54 cm ; b) 15 cm ; **11.** a) –20 cm ; b) –12 cm ; 0,4 ; **12.** Trường hợp ① : *A'* ảo, thấu kính hội tụ ; trường hợp ② : *A'* ảo, thấu kính phân kì.

30 **1.** B ; **2.** C ; **3.** a) –10 cm, $k = 1/2$; b) 35 cm ; **4.** a) Ảnh sau cùng ở vô cực ; b) Dùng hai tia sáng đi qua quang tâm ; **5.** b) $d > 60$ cm ; $d < 20$ cm.

31 **6.** A ; **7.** C ; **8.** D ; **9.** a) Cận thị ; b) –2 dp ; c) 12,5 cm ; **10.** a) Điểm cực cận cách mắt 1 m, còn điểm cực viễn ở vô cực ; b) ≈ 4,35 dp.

32 **4.** A ; **5.** C ; **6.** a) 5 cm ≤ *d* ≤ 9 cm ; b) 2,5.

33 **6.** C ; **7.** D ; **8.** D ; **9.** a) 80 ; b) 1,43 μm.

34 **5.** B ; **6.** A ; **7.** 1,24 m ; 30.

CÁC ĐẠI LƯỢNG VÀ ĐƠN VỊ CHÍNH SỬ DỤNG TRONG SÁCH

Đại lượng		Đơn vị	
Tên	Kí hiệu	Tên	Kí hiệu
Điện tích, điện lượng	q, Q	culông	C
Cường độ điện trường	E	vôn trên mét	V/m
Điện thế	V	vôn	V
Hiệu điện thế	U	vôn	V
Điện dung	C	fara	F
Cường độ dòng điện	I, i	ampe	A
Suất điện động	$\mathscr{E}$	vôn	V
Suất phản điện	$\mathscr{E}_p$	vôn	V
Điện trở	R, r	ôm	Ω
Điện trở suất	ρ	ôm.mét	Ω.m
Hệ số nhiệt điện trở	α	một trên kenvin	K^{-1}
Hệ số nhiệt điện động	α_T	vôn trên kenvin	$V.K^{-1}$
Số Fa-ra-đây	F	culông trên mol	C/mol
Cảm ứng điện từ	B	tesla	T
Từ thông	Φ	vêbe	Wb
Suất điện động cảm ứng	e_c	vôn	V
Suất điện động tự cảm	e_{tc}	vôn	V
Độ tự cảm	L	henry	H
Độ tụ	D	điôp	dp
Tiêu cự	f	mét	m

MỤC LỤC